

Entwicklung eines Verfahrens zur Erfassung der Fahrerbeanspruchung beim Motorradfahren

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Fahrzeugtechnik Heft F 93

bast

Entwicklung eines Verfahrens zur Erfassung der Fahrerbeanspruchung beim Motorradfahren

von

Susanne Buld
Sebastian Will
Armin Kaussner
Hans-Peter Krüger

Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften WiVV GmbH

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Fahrzeugtechnik Heft F 93

bast

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

- A - Allgemeines
- B - Brücken- und Ingenieurbau
- F - Fahrzeugtechnik
- M - Mensch und Sicherheit
- S - Straßenbau
- V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt bei der Carl Schünemann Verlag GmbH, Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen, Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in der Regel in Kurzform im Informationsdienst **Forschung kompakt** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos angeboten; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Ab dem Jahrgang 2003 stehen die **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)** zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BASt-Archiv [ELBA](http://elba.bast.opus.hbz-nrw.de) zur Verfügung.
<http://bast.opus.hbz-nrw.de>

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt: FE 82.0368/2009/
Entwicklung eines Verfahrens zur Erfassung der Fahrerbeanspruchung beim Führen eines Motorrads

Fachbetreuung
Eike A. Schmidt
Christhard Gelau

Herausgeber
Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

Redaktion
Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag
Fachverlag NW in der
Carl Schünemann Verlag GmbH
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53
Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48
www.schuenemann-verlag.de

ISSN 0943-9307
ISBN 978-3-95606-071-7

Bergisch Gladbach, April 2014

Kurzfassung – Abstract

Entwicklung eines Verfahrens zur Erfassung der Fahrerbeanspruchung beim Motorradfahren

Ziel des hier dargestellten Forschungsprojektes ist die Entwicklung eines Beanspruchungsmodells zur Bewertung von Informationssystemen beim Motorradfahren. Dazu ist zunächst das Feld der Belastungs-/Beanspruchungsmessung, -darstellung und deren Auswirkungen für den Bereich des Motorradfahrens abzustecken. Anhand verschiedener Studien in der Motorradsimulation wurde eine erste inhaltliche Näherung an das Thema Infotainment auf dem Motorrad vorgenommen.

Hauptaugenmerk liegt auf Studien zu Belastung/Beanspruchung, die schließlich mit der erarbeiteten Messanordnung durchgeführt wurden. N = 14 bis 20 Personen nahmen, je nach Versuchsreihe, an folgenden Studien teil:

- Validierung der Motorradsimulation als Methode,
- Beschreibung der Belastung/Beanspruchung auf dem Motorrad,
- Vergleich der Belastung/Beanspruchung Motorrad – Pkw,
- Darstellung der Auswirkung von Blickabwendung anhand Okklusion (Verdunkeln des Bildes über einen bestimmten Zeitabschnitt, bei Fortführung der Fahraufgabe),
- Untersuchung der Auswirkung verschiedener Nebenaufgaben auf das Motorradfahren.

Es zeigte sich, dass Belastung/Beanspruchung beim Motorradfahren ein viel versprechendes, bislang zu wenig behandeltes Forschungsthema ist. Die Motorradsimulation bietet eine gute Möglichkeit zur Untersuchung von Belastung und Beanspruchung des Fahrers im „normal“ fahrdynamischen Bereich. Aus diesem Grund wird eine weitergehende Forschung dringend empfohlen, da erst durch eine geeignete Simulation die gefahrlose Untersuchung von Assistenz- und Informationssystemen auf dem Motorrad möglich wird. Aus technischer Perspektive zum aktuellen Forschungsstand bleibt zu erwähnen, dass die Möglichkeit zur Simulation des Lenkens in der Motorradsimulation leider nur unzureichend umsetzbar ist.

Inhaltlich hat sich gezeigt, dass Informationssysteme für das Fahren auf dem Motorrad eine große Gefahrenquelle darstellen. Die Fahrer können ihre Leistung beim Bedienen eines Systems nicht immer optimal einschätzen. Bei der Entwicklung solcher Systeme sollte dieser Befund dringend berücksichtigt werden.

Development of a method for detection of driver stress when riding a motorcycle

The goal of the following project is the development of a workload model to assess driver information systems for motorcycle. Therefore the field of workload measurement, description and effects on riding a motorbike needs to be addressed. Different studies with the motorcycle simulator led to first findings concerning infotainment on motorcycles.

The main focus lies on studies investigating workload with means of the developed motorcycle riding simulator. N = 14 to 20 people took part in the following studies:

- Validation of motorcycle simulation as a research method,
- Description of workload while riding a motorcycle,
- Comparison of workload between driving a car and riding a motorcycle,
- Description of consequences of glances away from the road by means of occlusion (black out scenery for a certain period of time while riding continuous),
- Investigation of effects of different secondary tasks on motorcycle ride.

It was shown that workload of motor cycle riders is a promising and not yet sufficiently covered field of research. Motorcycle simulation offers a good opportunity to investigate riders' workload within boundaries of normal vehicle dynamics. For this reason further research has to be conducted, especially since a proper simulation offers the possibility to investigate rider assistance and information systems on motorcycles without

endangering the riders. Concerning technical aspects of the current state of research, one must say that there is the need to improve the handling of motorcycle simulations.

With regards to contents, information systems are clearly a hazard source for motorcycle riders. Riders can not sufficiently estimate their riding performance while interacting with an information system. Therefore it is essential to take this finding in account when developing systems like these.

Inhalt

1	Zielstellung	7	2.4.2	Messmodell zur Belastung/ Beanspruchung beim Motorradfahren	40
2	Theoretischer Hintergrund	7	3	Motorradsimulation als Werkzeug	40
2.1	Literaturanalyse zu beanspru- chungsrelevanten Themen beim Motorradfahren	7	3.1	Aufbau der Messanordnung am WIVW	44
2.1.1	Unfallforschung	8	3.1.1	Die Motorradsimulation	44
2.1.2	Typisierung des Motorradfahrers	9	3.1.2	Validierung der Simulation anhand Realdaten	47
2.1.3	Parametrisierung des Motorradfahrens	12	3.1.3	Expertenfahrversuche	47
2.1.4	Ergonomie des Motorradfahrens	13	3.1.4	Erhobene Kenngrößen	48
2.1.5	Assistenzfunktionen	14	3.1.5	Training der Fahrer	48
2.1.6	Aktuelle EU-Projekte zum Motorradfahren	16	3.1.6	Physiologische Messungen	49
2.2	Befragungsstudie zur Bean- spruchung beim Motorradfahren	20	3.2	Prüfstrecken	50
2.2.1	Ziele	20	3.2.1	Leichte Landstraßenfahrt	50
2.2.2	Stichprobe	20	3.2.2	Schwere Landstraßenfahrt	50
2.2.3	Fahrerprofil	20	3.3	Fahrtintention – Instruktion	51
2.2.4	Freie Antworten zur Belastung/ Beanspruchung	22	3.4	Messung der Beanspruchung	52
2.2.5	Diskussion	25	3.4.1	Subjektive Maße	52
2.3	Konzepte der Belastungs-/ Beanspruchungsmessung	26	3.4.2	Physiologische Maße	53
2.3.1	Belastung, Beanspruchung und Beanspruchungsfolgen	26	4	Die einzelnen Studienreihen	53
2.3.2	Anforderung	27	5	Beschreibung der Belastung/ Beanspruchung beim Motorrad- fahren	54
2.3.3	Workload	28	5.1	Fragestellung	54
2.3.4	Vergleich der Konzepte	29	5.2	Methode	54
2.3.5	Messung von Beanspruchung und Workload	29	5.2.1	Untersuchungsplan	54
2.3.6	Müdigkeit im Verkehrskontext	35	5.2.2	Stichprobe	54
2.3.7	Belastung/Beanspruchung in Sport- und Arbeitsmedizin	37	5.2.3	Versuchsablauf und Instruktion	54
2.3.8	Relevanz der Darstellung für das Motorradfahren	39	5.3	Ergebnisse	55
2.4	Fazit	40	5.3.1	Variation von Streckenschwierigkeit und Instruktion	56
2.4.1	Zusammenfassung	40	5.3.2	Variation der Fahrtdauer	60

5.4	Vergleich der Beanspruchung beim Fahren von Pkw und Motorrad . .	60
5.4.1	Fragestellung	60
5.4.2	Methode	61
5.4.3	Ergebnisse	61
5.4.4	Diskussion	64
6	Abstimmung von Fahren und Bedienen	64
6.1	Auswirkung der Blickabwendung anhand der Okklusionsmethode.	64
6.2	Fragestellung	65
6.3	Methode	65
6.3.1	Instruktion	65
6.3.2	Untersuchungsplan.	66
6.3.3	Stichprobe.	66
6.4	Ergebnisse	66
6.4.1	Okklusionsdauer und -häufigkeit	66
6.4.2	Fahrweise mit vs. ohne Okklusion	67
6.5	Die Auswirkung der Bearbeitung unterschiedlicher Nebenaufgaben auf die Beanspruchung.	69
6.5.1	Fragestellung	69
6.5.2	Methode	69
6.5.3	Ergebnisse	71
6.5.4	Diskussion	73
7	Zusammenfassung und Ausblick.	75
8	Literatur	77

Der Anhang zum Bericht ist im elektronischen BAST-Archiv ELBA unter: <http://bast.opus.hbz-nrw.de> abrufbar.

1 Zielstellung

Ziel des hier dargestellten Forschungsprojektes ist die Entwicklung eines Beanspruchungsmodells zur Bewertung von Informationssystemen beim Motorradfahren. Dazu ist gemäß Projektauftrag zunächst das Feld der Belastungs-/Beanspruchungsmessung, -darstellung und deren Auswirkungen für den Bereich des Motorradfahrens abzustecken. Eine bewusste Abgrenzung zum EU-Projekt SAFERIDER, welches den Schwerpunkt der Untersuchung auf Assistenzsysteme gelegt hat, erfolgt durch die Fokussierung auf den Infotainmentbereich.

Nach der ausführlichen Sichtung der Literatur zu beanspruchungsrelevanten Themen beim Motorradfahren sowie einer Fragebogenstudie musste zunächst eine Messanordnung einer einfachen Motorradsimulation erarbeitet und aufgebaut werden. Anhand von Realfahrdaten auf der Teststrecke wurde die Validierung der Motorradsimulation durchgeführt. Die Motorradsimulation war die Grundlage für die Untersuchungen, die im weiteren Fortgang des Projekts durchgeführt wurden. In Voruntersuchungen wurden geeignete Fahrscenarien erstellt. Nach der Modellierung und Objektivierung der Belastung konnten verschiedene Studienreihen durchgeführt werden. Hauptaugenmerk des Abschlussberichts liegt auf den Studien zu Belastung/Beanspruchung, die schließlich mit der erarbeiteten Messanordnung durchgeführt wurden:

- Beschreibung der Belastung/Beanspruchung auf dem Motorrad,
- Vergleich der Belastung/Beanspruchung Motorrad – Pkw,
- Darstellung der Auswirkung von Blickabwendung anhand Okklusion,

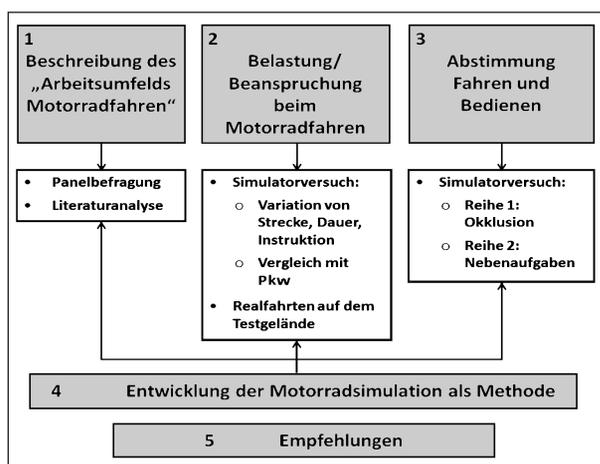


Bild 1: Aufbau des Projekts anhand von Arbeitspaketen

- Auswirkung verschiedener Nebenaufgaben auf dem Motorrad.

Bild 1 gibt einen Überblick über die verschiedenen Arbeitspakete, die im Projekt durchgeführt wurden.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Literaturanalyse zu beanspruchungsrelevanten Themen beim Motorradfahren

Betrachtet man das Unfallgeschehen in Deutschland über die letzten Jahre hinweg, so zeigt sich das Motorrad als traurige Konstante in der Darstellung der Getöteten, während sich die Zahl der tödlich Verunglückten im Pkw seit 1991 bis 2009 nahezu halbierte (vgl. Bild 2). Für 2011 zeigt sich gegenüber dem Vorjahr sogar eine Zunahme an getöteten Motorradfahrern.

Als Motorräder werden zwei- bzw. dreirädrige Kraftfahrzeuge mit einem Hubraum von 50 cm³ und mehr angesehen. Ebenso zählen entsprechende Fahrzeuge mit geringerem Hubraum, aber ohne Begrenzung der Höchstgeschwindigkeit für Kleinkrafträder dazu. Die im Folgenden dargestellte Literatur deutet darauf hin, dass die Messung des Fahrverhaltens von Motorradfahrern eine schwierige Aufgabe darstellt. Es überwiegen Befragungsstudien oder Unfallanalysen, die sich mit der Typisierung des Fahrers bzw. der Beschreibung kritischen Verhaltens beschäftigen. Erst mit der Entwicklung von Motorradsimulatoren – seit ca. 2003 – wird die experimentelle Forschung im Human-Factors-Bereich vorangetrieben.

Auch experimentelle Studien im Feld sind rar. Nur in einigen ingenieurwissenschaftlich orientierten Arbeiten fahren Testingenieure auf abgesperrtem Gelände mit ausgerüsteten Messmotorrädern, in denen auch fahrdynamische Parameter zur Auswertung zugänglich sind. Der sog. „Normalfahrer“ wird nur in wenigen Studien adressiert (z. B. NIETSCHKE et al., 2008).

Diese Tatsache ist sicherlich durch verschiedene Aspekte begründet:

Die im Workloadbereich übliche Nebenaufgabemessung ist beispielsweise zu risikoreich. Zudem bestehen massive Einschränkungen in der Mög-

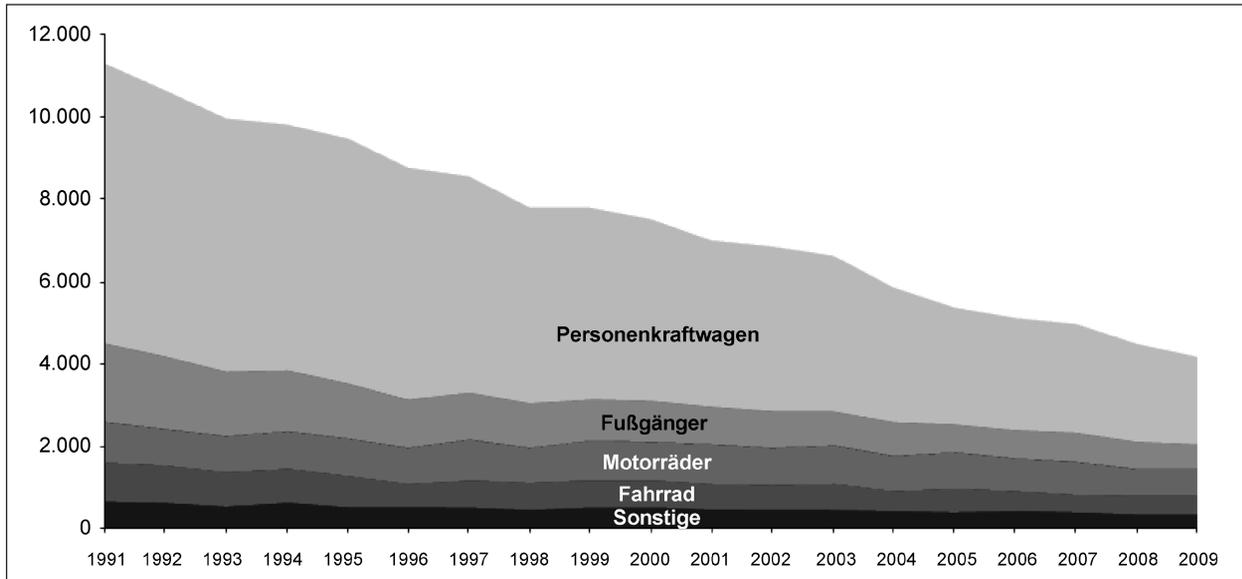


Bild 2: Getötete bei Straßenverkehrsunfällen nach Art der Verkehrsbeteiligung 2009. Quelle: Statistisches Bundesamt

lichkeit, Verhalten apparativ zu messen. Der Einbau zusätzlicher Sensorik ist durch die spezifischen Gegebenheiten des Motorrads, durch Fahrerschutzkleidung und Helm nur sehr bedingt möglich. So ergibt sich die Motorradsimulation als Messmethode der Wahl, die jedoch durch die komplexe Nachbildung der fahrdynamischen Kräfte erneute Einschränkungen mit sich bringt.

In den folgenden Kapiteln werden Ergebnisse zu beanspruchungsrelevanten Veröffentlichungen um Motorradfahren aus verschiedenen Forschungsbereichen zusammengetragen und vorgestellt.

2.1.1 Unfallforschung

Im Bereich Unfallforschung gibt es eine Vielzahl von Veröffentlichungen. Die hier dargestellte Literatur beschränkt sich auf eine Auswahl von Artikeln, welche Erklärungsversuche zum Verhalten bzw. zu Eigenschaften des Fahrers liefern, die für eine Beanspruchungsanalyse interessant sein können. Artikel zur Unfallrekonstruktion bzw. technische Darstellungen wurden nicht mit aufgenommen. Einen ersten Eindruck über das Unfallgeschehen von Motorrädern gewinnt man über die Darstellungen des Statistischen Bundesamts Wiesbaden. Für das Jahr 2008 wurden u. a. folgende Angaben gemacht: Bei 80 % der Zusammenstöße eines Motorrads mit einem weiteren Verkehrsteilnehmer ist der Unfallgegner ein Pkw. „Bei den 15.817 Zusammenstößen dieser Art verunglückten 1.606 Pkw-Insassen und 16.548 Motorradbenutzer. 91 % der Unfallopfer

waren also Motorradfahrer oder -mitfahrer, aber 72 % dieser Unfälle wurden von Pkw-Fahrern verursacht“ (Statistisches Bundesamt, Zweiradunfälle, 2010, S. 6).

Wie die Darstellung von WULF et al. (1989) zeigt, liegt die Ursache solcher Unfälle häufig darin, dass der Motorradfahrer vom Pkw-Fahrer übersehen wird. Dies heißt aber auch, dass Vermeidung von Motorradunfällen nicht ausschließlich beim Motorradfahrer selbst ansetzen muss, sondern beim Training der Pkw-Fahrer beginnen sollte.

Betrachtet man die Unfälle, an denen Motorradfahrer als Hauptverursacher beteiligt sind, so zeigt sich, dass Fahrunfälle und Unfälle im Längsverkehr am häufigsten auftreten (vgl. Bild 3).

Das Anpassen der Geschwindigkeit an externe (Straßenbelag, Wetter, Kurvenradius etc.) und interne (Können und Zustand des Fahrers) Gegebenheiten ist eine der großen Herausforderungen des Motorradfahrens. In Bild 4 sieht man, dass diese Fehler vor allem bei jungen Fahrern vorkommen. Es ist anzunehmen, dass der Rückgang des Fehlverhaltens weniger auf höheres Alter als vielmehr auf die höhere Fahrerfahrung zurückzuführen ist. Auch das Überholen ist eine Fahraufgabe, in der häufig Fehler passieren.

Diese Statistik wird auch von der „Unfallforschung der Versicherer“ bestätigt (<http://www.udv.de/fahrzeugsicherheit/motorrad/>). Eine bundesweite Analyse der Unfälle mit Motorradbeteiligung der

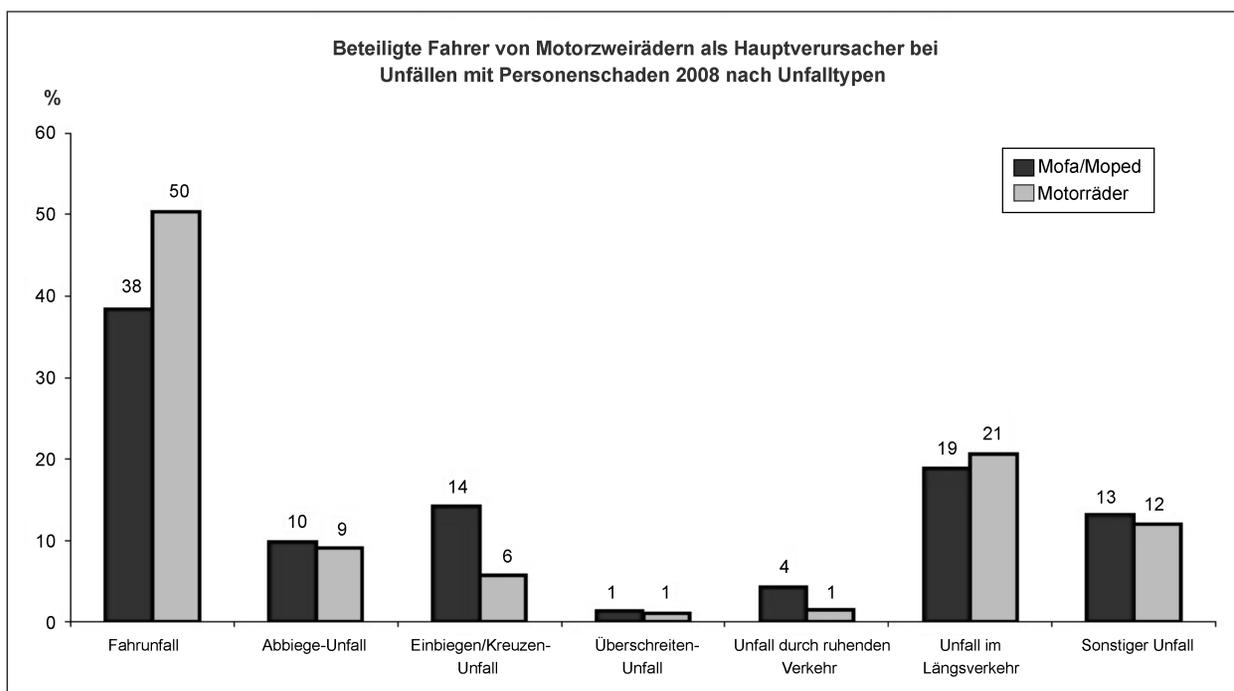


Bild 3: Beteiligte Fahrer von Motorzweirädern als Hauptverursacher 2008. Quelle: Statistisches Bundesamt

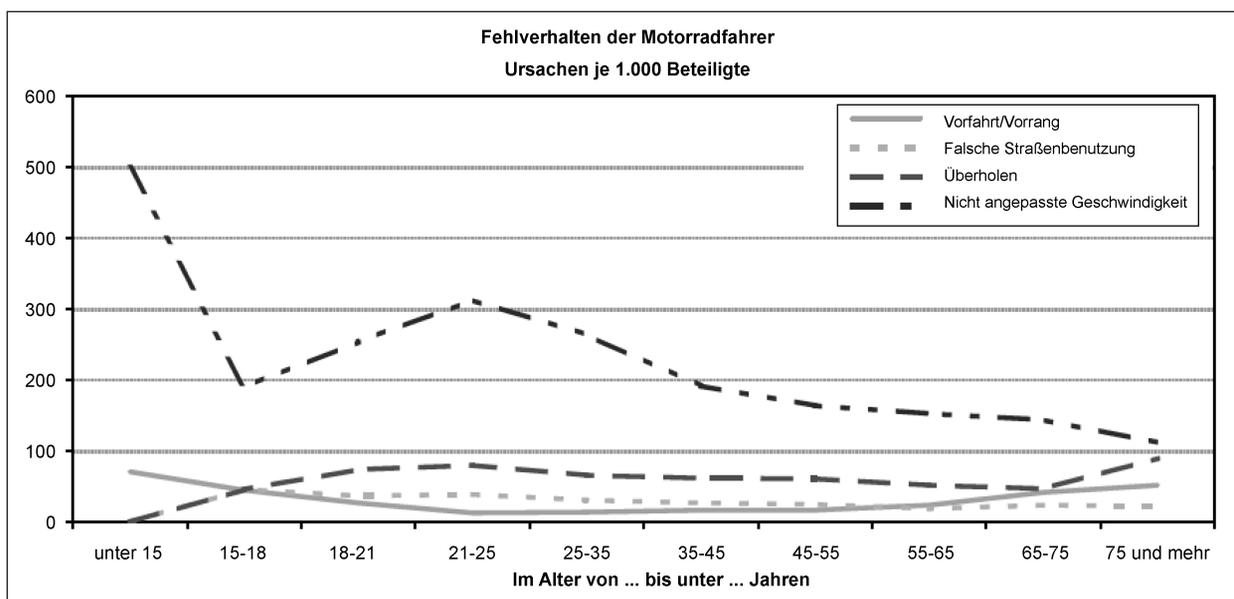


Bild 4: Fehlverhalten der Motorradfahrer 2008, dargestellt nach Altersgruppen. Quelle: Statistisches Bundesamt

Jahre 2004 bis 2006 ergab, dass der Schwerpunkt des Unfallgeschehens auf Landstraßen, insbesondere mit hoher Kurvigkeit oder hoher Längsneigung, liegt. Außerdem wirken sich kurze Abstände von Knotenpunkten und Sichteinschränkung im Bereich von Kurven oder Knotenpunkten, wie beispielsweise durch Kuppen, Brücken und Dämme, negativ aus. Innerorts zeigen sich Mängel vor allem im Straßenzustand. Straßenbahnverkehr auf der Fahrbahn ist ebenfalls unfallbegünstigend.

Die im Anhang unter Punkt 9.1 vorgestellte Literatur bestätigt diese Statistiken mit ausführlichen Befragungen, Literatur- und Unfallanalysen. Die Befunde gelten offenbar EU-weit in ähnlicher Weise.

2.1.2 Typisierung des Motorradfahrers

Zur Typisierung des Motorradfahrers liegen ausschließlich einige Fragebogenstudien vor (vgl. Punkt 9.2 im Anhang). Dort wird u. a. folgenden Fragen nachgegangen:

- Welche Motorräder gibt es und wozu werden sie genutzt?
- Wer fährt Motorrad?
- Warum fährt man Motorrad?
- Wie ist der Zusammenhang zwischen Spaß und Risikobereitschaft beim Fahren?
- Was macht das Fahren in der Gruppe interessant?

Wie für die meisten Studien, welche im Zusammenhang mit Motorradfahren stehen, ist der Ausgangspunkt die Erhöhung der Sicherheit. Man erhofft sich von der Darstellung personenrelevanter Aspekte des Fahrens, zur Entwicklung geeigneter Trainings oder anderer Präventionsmaßnahmen zu gelangen, die das Verhalten in positiver Weise beeinflussen können.

Demografische Daten

Nahezu alle Studien zeigen auf, dass die Mehrzahl der Fahrer männlich und zwischen 30 und 50 Jahre alt ist. Bezüglich des Geschlechts variieren die Angaben der Autoren zwischen 10 % und 20 % weiblicher Fahrer. Die Fahrer fahren üblicherweise zum Spaß in der Freizeit. Besonders häufig werden sportliche Maschinen und Tourenmaschinen gefahren. Motiviert ist man durch das Erleben des Fahrgefühls, insbesondere das Erfahren von Beschleunigungen.

Manche Autoren unterscheiden aufgrund ihrer Daten zwischen verschiedenen Fahrergruppen, wie z. B. WONG et al. (2010), die aufmerksame, risikoorientierte, aber sichere Fahrer und risikoorientierte, aber unsichere Fahrergruppen identifizieren. Ähnlich auch JAMSON & CHORLTON (2009). Diese Autoren beschreiben zudem, wie die Fahrergruppen sich über Motorradtypen und Fahrhintergründe voneinander abgrenzen.

Verhaltensmodelle

Die ausführlichste Darstellung liefert BROUGHTON (2009) mit dem Buch „Motorcycling and leisure“. Darin stellt der Autor u. a. verschiedene Theorien vor, anhand derer das Verhältnis zwischen den Anforderungen beim Fahren und risikoreichem vs. sicherem Verhalten erklärt wird.

Risikohomöostase-Modell

Diese Theorie geht auf WILDE (1982) zurück. Sie postuliert, dass jedes Individuum einen persön-

lichen Level an akzeptablem Risiko hat. Dieser Level variiert zwischen Personen, bleibt aber innerhalb einer Person relativ konstant. Es wird erklärt, dass Sicherheitsmaßnahmen dazu führen, dass Personen lediglich ihr Leistungsspektrum erhöhen, aber letztendlich gleich risikoreich handeln. Dies hieße beispielsweise, dass ein Motorradfahrer, der bislang ohne ABS gefahren ist, sein Fahren den neuen Möglichkeiten durch das System anpassen würde, in diesem Fall späteres Bremsen.

Task Difficulty Homeostasis

Diese Theorie geht auf FULLER (2005) zurück (zit. nach BROUGHTON, 2009). Sie führt die Aufgabenschwierigkeit als dynamisches Interface zwischen den Anforderungen der Fahraufgabe und den Fähigkeiten des Fahrers ein. Solange die Kapazitäten des Fahrers höher sind als die Anforderungen der Aufgabe, hat der Fahrer die Situation unter Kontrolle. Steigen die Anforderungen über die Fähigkeiten des Fahrers, verliert er die Kontrolle und es kommt zu (Beinahe-)Unfällen.

Flow-Erleben

Das Flow-Konstrukt stellt die „Freude am Tun“ und das positive Erleben in den Mittelpunkt seiner Theorie. Flow bezeichnet subjektive Erlebnisse des selbst- und zeitvergessenen Aufgehens in einer fließenden Tätigkeit, die man trotz hoher Beanspruchung noch unter Kontrolle hat. Personen im Flow empfinden Freude, während sie sich gleichzeitig auf ihrem höchsten Leistungs- und Konzentrationsniveau befinden (CSIKSZENTMIHALYI, 2005; CSIKSZENTMIHALYI & JACKSON, 2000).

Voraussetzungen für ein Flow-Erlebnis sind:

1. Die Aktivität hat deutliche Ziele:
 - a. Die Aktivität hat unmittelbare Rückmeldung,
 - b. die Tätigkeit hat ihre Zielsetzung bei sich selbst (sie ist autotelisch).
2. Es besteht die Möglichkeit zur vollen Konzentration auf das Tun.
3. Anforderung und Fähigkeit stehen im ausgewogenen Verhältnis, sodass keine Langeweile oder Überforderung entsteht.

In Bild 5 wird das subjektive Empfinden des Operators in den Zusammenhang zwischen den Anforde-

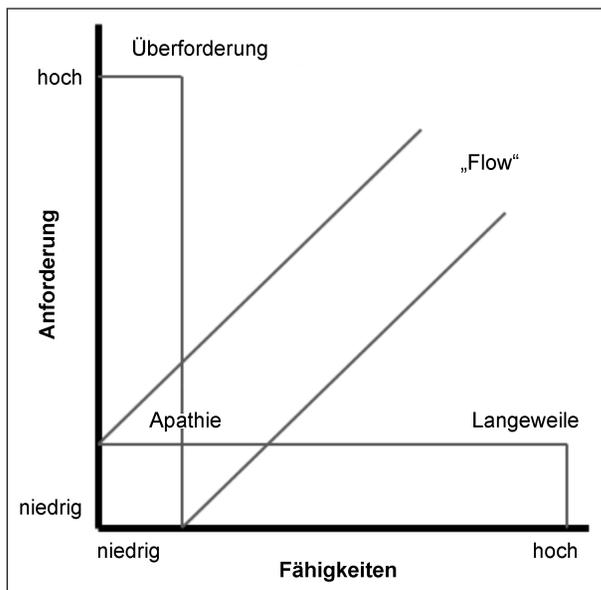


Bild 5: Zusammenhang zwischen Anforderung und Fähigkeiten des Operators nach CSIKSZENTMIHALYI (2005); CSIKSZENTMIHALYI & JACKSON (2000)

rungen der Aufgabe und den Fähigkeiten des Operators gestellt.

Vergleich Pkw – Motorrad

In einer weiteren Veröffentlichung, ebenso eine Befragungsstudie, stellen BROUGHTON und FULLER et al. (2009) einen Vergleich des Geschwindigkeitsverhaltens zwischen Motorrad- und Autofahrern auf Basis der Task Difficulty Homeostasis Theory vor. Eine Literaturanalyse ergibt wichtige Aufgabenunterschiede beim Führen eines Pkw und eines Motorrads (vgl. Tabelle 1).

Während beim Motorrad häufiger Geschwindigkeitsübertretungen vorkommen, treten beim Pkw mehr Vollbremsungen auf. Trotzdem zeigte sich, dass beide Fahrergruppen gefährliche Fahrsituationen vermeiden. STEG und van BRUSSEL (2009) kommen zu einem ähnlichen Ergebnis, bezogen auf die Gruppe junger Mopedfahrer. Auch diese neigen zu Geschwindigkeitsübertretungen.

Risikoverhalten

Bereits im Kapitel „Beschreibung des Motorradfahrers“ wurde das Thema Risikoverhalten gestreift. Dort wurden einige Studien vorgestellt, in denen das Risikoverhalten als Persönlichkeitseigenschaft der Fahrer abgefragt und dargestellt wurde. Im vorliegenden Kapitel geht es um die Beschreibung des Fahrverhaltens selbst.

Fahrzeugeigenschaften
Motorrad beim Bremsen instabiler, v. a. bei starkem Bremsen und dem Bremsen in Kurven Motorradscheinwerfer ermöglicht nur schlechtere Voraussicht Motorräder können Geschwindigkeit und Trajektorie leichter anpassen
Fahrumfeld
Motorräder sind anfälliger für schlechte Bodenhaftung (nass, Öl, Eis, Schotter, ...) Motorräder sind anfälliger für wechselnde Fahrbahnoberflächen (Abflussrinnen, Schlaglöcher, Straßenmarkierungen, ...)
Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer
Motorräder werden leichter übersehen (an Kreuzungen, Überholmanöver, ...)
Fertigkeiten/Human Factors
Motorradfahrer anfälliger für die Auswirkungen von Alkohol Motorradfahrer anfälliger für die Auswirkungen von Müdigkeit
Direkter Einfluss auf akzeptiertes Risiko
Motivation, einen Flow-Zustand zu erreichen, kann mit verringertem Sicherheitsverhalten einhergehen (Höhe des Anspruchs steigt mit Höhe der Fertigkeiten) Flow-Zustand kann wegen besonderer Umstände zu Verzögerungen bei einer Verlagerung der Aufmerksamkeit führen Motorradfahrer neigen stärker zu expressivem Fahren
Entscheidungen und Verhalten
Motorradfahrer können die Aufgabenschwierigkeit durch Variation ihrer Position in der Fahrspur innerhalb gewünschter Grenzen halten

Tab. 1: Aufgabenunterschiede beim Fahren eines Pkw vs. Motorrad (zit. nach BROUGHTON, 2009, S. 420)

SCHULZ und SEIFERT (2008) untersuchen das Risikobewusstsein der Fahrer anhand 13 Video-clips, bei denen sich Fahrer an bestimmten Stellen für oder gegen bestimmte Verhaltensweisen entscheiden müssen. Über eine Faktorenanalyse kommen die Autoren zu dem Ergebnis, dass sich Risikobereitschaft aus positiven (Anreiz, Kontrolle der Gefahren, Freiwilligkeit, Gewohnheit der Gefahren) und negativen Aspekten (Angst, Bekanntheit der Gefahr, Wahrscheinlichkeit eines Unfalls, Schaden) vorhersagen lässt. Die untersuchte Population teilt sich auf in 50 % Personen mit normalem Risikobewusstsein und 50 % Personen, die Erregung und Thrill suchen, sog. „Sensation Seeker“.

Die beiden anderen Studien (Di STASI, ÀLVAREZ-VALBUENA et al., 2009; HOSKING, LIU & BAYLY, 2010) gehen der Analyse des Risikoverhaltens in experimenteller Weise nach. In den jeweiligen Simulatoren wurden Strecken implementiert, die Gefahrenstellen enthielten, auf die die Fahrer reagieren mussten. Beide Forschergruppen nahmen

Blickbewegungsmessungen vor. In der Anordnung von Di STASI, ÁLVAREZ-VALBUENA et al. (2009) wurde darüber hinaus eine Befragung zum Workload der Fahrer eingesetzt.

HOSKING, LIU & BAYLY (2010) verglichen zudem die Fahrerfahrung verschiedener Fahrergruppen:

- erfahrene Motorradfahrer, welche gleichzeitig erfahrene Autofahrer sind,
- unerfahrene Motorradfahrer, welche erfahrene Autofahrer sind,
- unerfahrene Motorradfahrer, welche unerfahrene Autofahrer sind.

Es zeigte sich, dass mit steigender Fahrerfahrung der Probanden eine signifikante Abnahme der Reaktionszeiten auf Gefahrenstellen einhergeht. Probanden, welche mit beiden Verkehrsmitteln erfahren sind, schnitten am besten ab, während Versuchsteilnehmer, die weder im Pkw noch auf dem Motorrad Fahrerfahrung vorweisen können, die schlechtesten Reaktionszeiten hatten.

Im Vergleich zu der in beiden Verkehrsmitteln unerfahrenen Gruppe zeigten sich für die Gruppen, in denen erfahrene Autofahrer enthalten waren, flexiblere visuelle Scanmuster, die sensitiv für das Auftreten von Gefahren sind.

Di STASI, ÁLVAREZ-VALBUENA et al. (2009) arbeiten ausschließlich mit unerfahrenen Probanden, da diese Fahrergruppe besonders häufig die eigenen Fähigkeiten überschätzt und risikoreiches Verhalten zeigt.

Die Fahrer wurden aufgrund des erhobenen Fahrverhaltens zu risikoreichen bzw. sicheren/vorausschauenden Fahrern gruppiert.

Risikoreich war das Verhalten, wenn folgende Verhaltensweisen auftraten: Geschwindigkeitsübertretungen, zu kurze Abstände, starke Bremsungen, besonders bei knappen Abständen, Kollisionen.

Die Autoren berichten folgende Ergebnisse:

- Risikofahrer fahren mit größerer Time on Task (Fahrzeit) immer risikoreicher, während die sicheren Fahrer keine Verhaltensänderungen zeigten.
- Risikoreiche Fahrer hatten weniger Sakkaden mit kürzerer Dauer und einen höheren Peak in der Sakkadengeschwindigkeit als die sicheren

Fahrer. Die Autoren schreiben den risikoreichen Fahrern aufgrund ihrer Blickmuster eine oberflächlichere Verarbeitung der Umwelt zu.

- Die Gruppe der risikoreichen Fahrer beurteilt die mentale Beanspruchung höher als die der sicheren Fahrer.
- In der Gruppe der risikoreichen Fahrer war die Korrelation zwischen Blickbewegung (vor allem Sakkadengeschwindigkeit) und subjektiven Workloadmessungen höher. Häufige bzw. schnelle Blickbewegungen scheinen mit der Beanspruchung beim Fahren zusammenzuhängen.

Auf der Basis der Ergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass risikobereitere Fahrer höhere Beanspruchung erleben. Die Autoren erklären dies aufgrund des Fehlens des Bewusstseins zur Fahrsituation bzw. des Übersehens der entsprechenden Hinweisreize der Fahrszene. Eine tabellarische Übersicht der Literatur zum Thema „Risikoverhalten bei Motorradfahrern“ ist im Anhang unter Punkt 9.3 zu finden.

2.1.3 Parametrisierung des Motorradfahrens

Die Suche nach Literatur, die Schwellenwerte zu typischem bzw. kritischem Fahrverhalten beim Motorrad liefert, war wenig erfolgreich. Experimentelle Studien und Verteilungen von Fahrverhalten, bezogen auf eine bestimmte Fahraufgabe, waren nicht zugänglich. Lediglich zwei ältere Arbeiten können zitiert werden. Zur Modellierung des Motorrad-Fahrer-Systems führte KOCH (1980) experimentelle Untersuchungen auf dem Testgelände und am Fahrstand durch. In der ausführlichen Arbeit kann man u. a. Angaben zu Schwingungsbereichen von Fahrer und Motorrad oder vom Fahrer übertragene Lenkmomente nachschlagen.

GODTHELP und WOUTERST (1980) führten eine ausführliche Studie zur Spurhaltung bei Zweiradfahrern durch. Leider wurden höher motorisierte Räder nicht mit aufgenommen. Dennoch gibt die Studie einen guten Einblick in die Zusammenhänge des Spurhaltens. Es wurde untersucht, wie die Spurhaltung von Fahrrad- und Mopedfahrern durch Straßencharakteristik und Fahrermerkmale beeinflusst wird. Ebenso sind störende Faktoren wie Seitenwind und Straßenunebenheiten in die Analyse mit einbezogen worden. In einer Feldstudie auf einem Testgelände wurden dazu drei Fahrtests vorgenommen:

- Spurhaltung auf der Geraden,
- Spurhaltung in der Kurve,
- Manövrieren auf einem Pylonenparcours.

Die Instruktionen wurden folgendermaßen variiert:

- Fahren Sie so schnell wie möglich.
- Fahren Sie komfortabel.
- Fahren Sie so langsam wie möglich.

Als weitere UV wurde einhändiges vs. zweihändiges Fahren eingeführt. Jeweils $N = 4$ Probanden fuhren die drei Strecken mehrmals unter verschiedenen Bedingungen.

Die Ergebnisse sind sehr ausführlich auf alle Zellen bezogen erläutert und werden hier nicht im Detail dargestellt.

Zusammenfassend wird berichtet, dass Fahrradfahrer und Mopedfahrer mindestens 1 m, auf kurvigen Straßen 1,25 m Spurweite benötigen.

Insgesamt brauchten die Mopedfahrer einen breiteren Spurkanal und zeigten in der Regel eine schlechtere Leistung. Dies wird auf die schwierigere Balance der größeren Masse bei niedrigen Geschwindigkeiten zurückgeführt.

Eine tabellarische Zusammenstellung der Literatur zur Parametrisierung erfolgt im Anhang unter Punkt 9.4.

2.1.4 Ergonomie des Motorradfahrens

Im Bereich der Ergonomie ist für das Motorradfahren bislang ein Großteil der Forschung zur Nutzung des Helmes durchgeführt worden. Da die Schutzkleidung für das vorliegende Projekt nur von untergeordneter Bedeutung ist, wurde diese Literatur nicht in diesen Bericht mit aufgenommen.

Es gibt jedoch vereinzelt Studien, die sich mit der Auswirkung bestimmter Gegebenheiten beim Motorradfahren auf die Leistungsfähigkeit des Fahrers beschäftigen (vgl. Punkt 9.5 im Anhang).

CO₂/O₂-Konzentration in Integralhelmen

BRÜHWILER, STÄMPFLI et al. (2005) führten beispielsweise eine Untersuchung zur CO₂- und O₂-Konzentration in Integralhelmen durch.

Im ersten Schritt wurden verschiedene Messungen vorgenommen: Labor vs. Feld vs. Messung am Kopfmodell. In einem zweiten Schritt fand die Analyse der inhalierten Gas-Konzentrationen im „dead space“ des Helmes unter 3 Bedingungen, „Stillstand“, „im Stadtverkehr“ und „auf der Autobahn“, statt. Als „dead space“ wird der Bereich im Helm angesehen, in dem die Luft nicht zirkuliert. Schließlich wurde ein Vergleich der aktuellen Messung mit der Messung von ALDMAN et al. (1980) bzw. IHO et al. (1980, zit. nach BRÜHWILER et al., 2005), vorgenommen.

Folgende Ergebnisse werden berichtet:

- Es wird eine erhöhte CO₂-Konzentration vorgefunden, die sich möglicherweise negativ auf die Vigilanz des Fahrers auswirkt. Dies entspricht den Ergebnissen der Messung vor 20 Jahren.
- Im Stillstand handelt es sich um 1.3 bis 2.0 % CO₂-Gehalt im Helm, je nach Bedingung. Der CO₂-Gehalt der Luft liegt bei 0.04 %. Höhere Konzentrationen von 4 % und mehr werden zu Beginn jeden Atemzugs eingeatmet (durch Rückatmung).
- In den anderen Bedingungen hat sich die CO₂-Konzentration als unkritisch gezeigt.

Die Autoren schildern Studien, in denen sich Konzentrationen von 5 % eindeutig negativ auf psychomotorische und mentale Leistungen auswirken. Bereits ab 2.5 % lassen die Tiefensehschärfe und die Wahrnehmung von Bewegung nach. Schon bei einem Level von 2 % werden Unannehmlichkeiten wie Kopfschmerzen genannt.

Offen bleibt, inwieweit diese kurzen Expositionszeiten bereits Leistungseinbußen beim Motorradfahren mit sich bringen. Dieser Frage sollte in weiterer Forschung dringend nachgegangen werden, zumal die maximale Arbeitsplatzkonzentration für eine Exposition von acht Stunden pro Tag bei 0.5 % liegt (http://www.carbo.de/text/SD-CO2_gekuehlt_verfluessigt.pdf).

Auswirkung von Helmnutzung auf Hören und Sehen während des Fahrens

Eine Untersuchung verschiedener Helmvarianten und deren Auswirkung auf Hören und Sehen liegt von McKNIGHT und McKNIGHT (1994) vor. In einer Realfahrt auf einer Teststrecke soll der Fahrer auf ein akustisches/visuelles Signal hin einen Spur-

wechsel vornehmen. Es zeigte sich, dass visuelle Einschränkungen durch Drehung des Kopfes ausgeglichen werden.

Die Hörschwellen des akustischen Signals unterscheiden sich nur minimal zwischen den Bedingungen. Signifikante Unterschiede in der Schwelle werden nur bezogen auf die gefahrene Geschwindigkeit gefunden. Die Autoren folgern, dass die Effekte unterschiedlicher Helmbedingungen zu klein sind, um die Vorteile, welche sich aus dem Schutz ergeben, einzuschränken.

Anthropometrie

ROBERTSON und MINTER (1996) nahmen eine anthropometrische Begutachtung von 140 Motorradfahrern vor. Außerdem legten sie einen demografischen Fragebogen vor und untersuchten die Knieposition auf einem Motorradprüfstand. Die vorgefundene Verteilung von Alter und Geschlecht zeigt sich gemäß anderer vergleichbarer Befragungen (vgl. Seite 10 „Demografische Daten“).

Bei den Körpermessungen stellte sich heraus, dass Motorradfahrer im Schnitt größer sind als die Bevölkerung im Allgemeinen und die Knieposition relativ stark variiert.

Physiologische Leistungsfähigkeit

In der so genannten 100.000-km-Studie untersuchten die Autoren NIETSCHKE, HUBER et al. (2008), inwieweit Blutdruck, Herzfrequenz und Energieprofil beim Langzeitmotorradfahren mit Alter, BMI und körperlicher Fitness zusammenhängen.

Es ergaben sich folgende Befunde:

- Der Risikofaktor Hypertonie ist nur in Kombination mit anderen Faktoren von Bedeutung.
- Die Gewichtsreduktion ist günstig für die Leistungsfähigkeit.
- Eine Trainingsleistung von über 4 h die Woche unterstützt die Regenerationsfähigkeit.
- Die Fahrpraxis ist von großer Bedeutung.

Es zeigt sich, dass körperlichen Faktoren und demografischen Merkmalen eine Bedeutung beim Motorradfahren und damit auch bei der Belastung und Beanspruchung zukommt.

Vibration

Unter Bezug zu den ISO-Normen ISO 2631-1 und ISO 2631-5 stellten CHEN, CHEN et al. (2009) fest, dass gemessene Vibrationswerte bei Motorrädern und Scootern Schwellen erreichen, die an die Grenze der gesundheitsschädlichen Werte heranreichen. Zwischen diesen beiden Gruppen wurde kein signifikanter Unterschied festgestellt. Nur bei den höherklassigen Motorrädern liegen die Werte im akzeptablen Bereich. Genauer untersucht werden sollten sog. „multiple shocks“ in z-Achse, die aufgrund Straßenunebenheiten eine erhebliche Belastung für die Gesundheit der Motorradfahrer darstellen können. Im Artikel findet sich ein Überblick über gängige Vibrationskennwerte und ihren Wertebereich beim Motorradfahren.

2.1.5 Assistenzfunktionen

Im Folgenden werden verschiedene sicherheitsrelevante Assistenzfunktionen und soweit vorhanden deren Evaluierung vorgestellt.

Veröffentlichungen zu diesem Thema bestätigen den Nutzen des ABS für das Motorrad uneingeschränkt. GWEHENBERGER (2006) kommt in seiner Analyse der Unfallstruktur und der Wirksamkeit von ABS zu folgenden Ergebnissen:

- ABS stabilisiert die Bremsung, verkürzt den Bremsweg und verhindert das Überbremsen des Vorderrades und somit den gefährlichen Sturz beim Bremsen.
- ABS sorgt für eine geringere Belastung des Motorradfahrers beim Bremsen, besonders in Grenz- und Notsituationen.
- ABS vermeidet ca. 8-17 % der schweren Motorradunfälle.

TOYOFUKU, MATSUSHIMA et al. (1994) ergänzen diesen Befund, indem sie das Potenzial des ABS für erfahrene und unerfahrene Motorradfahrer untersuchen. Beide Gruppen ziehen gleichermaßen Nutzen aus dem System.

In einer Kosten-Nutzen-Analyse für ABS bei Motorrädern wird das System aus volkswirtschaftlicher Sicht beleuchtet (BAUM, 2008). Für den Zeithorizont 2015 und 2020 werden die Unfallzahlen hochgerechnet und das Wirkpotenzial bestimmt. Hinsichtlich der Ausstattungsdaten erfolgt dies im Rahmen eines Trendszenarios, welches den bisherigen

Zuwachs an Motorrädern mit ABS berücksichtigt und eines Szenarios, welches die obligatorische Einführung eines ABS ab 2010 berücksichtigt. Die Wirkpotenziale werden mittels einer Literaturrecherche bestimmt. Berücksichtigt man allein das Potenzial, welches aus der Sturzvermeidung vor dem eigentlichen Unfall resultiert, ergeben sich für die Szenarien mit höchster Wirksamkeit folgende Ergebnisse:

„Demnach geht die Anzahl der Unfälle um 2,4 % zurück. Die Zahl der Unfallgetöteten sinkt um 21,1 %, die Zahl der Schwerverletzten kann um 11,7 % gesenkt werden. Die Zahl der leicht Verletzten nimmt allerdings um 2,1 % zu“ (BAUM, 2008, S. 3).

Die Kosten-Nutzen-Verhältnisse liegen alle über dem Schwellwert von 1. Daraus schlussfolgert der Autor, dass ABS volkswirtschaftlich sinnvoll ist. Für Szenarien mit der höheren Wirksamkeit liegen die Werte sogar über 3.

Aus der Sicht der Nutzer ist ABS sinnvoll für Motorradfahrer, die mehr als 2.200 km im Jahr fahren.

SEINIGER (2009) untersucht, inwieweit Fahrdynamikregelungen beim Motorradfahren eingesetzt werden können. Obwohl eine Methode entwickelt wird, welche die Erkennung der kritischen Situation bereits unmittelbar zu Beginn des Unfalls gestattet, schätzt der Autor im Fazit seiner Arbeiten das Potenzial von Fahrdynamikregelungen gering ein, da die Eingriffsmöglichkeiten für Sicherheitssysteme begrenzt sind.

Das Problem des Übersehens der Motorradfahrer durch andere Verkehrsteilnehmer wird von TANG (2003, 2006) adressiert. In einem Realversuch und einem Versuch in der PC-basierten Fahrsimulation wird die Wirkung einer speziellen Bremsleuchte untersucht: Zusätzlich zum Bremslicht blinken beide Blinker. Es zeigte sich in beiden Versuchen eine Verkürzung der Reaktionszeiten auf das modifizierte Bremslicht.

Assistenzsysteme wie ACC, Geschwindigkeits-, Kollisions-, Wetterwarnung werden erst in den jüngeren EU-Projekten wie z. B. SAFERIDER untersucht. Diese Projekte werden in Kapitel 2.1.6 ausführlicher beschrieben.

Darüber hinaus gibt es aktuelle Projekte, die den Austausch von Daten zwischen Fahrzeugen untereinander oder mit der Verkehrsinfrastruktur für die Nutzung von Assistenz- und Informationssystemen



Bild 6: BMW ConnectedDrive (oben); Forschungsmotorrad, BMW K 1300 S (unten) (vgl. <http://www.7-forum.com/news/Die-zukuenftige-Mobilitaet-Aktiv-erfahre-3398.html>)

zur Verfügung stellen (siehe Bild 6). Diese neue Technologie wird Car2x-Kommunikation genannt. In Projekten wie AKTIV (<http://www.7-forum.com/news/Die-zukuenftige-Mobilitaet-Aktiv-erfahre-3398.html>) oder simTD (<http://www.simtd.de/>) werden sie erstmals geprüft und beziehen dabei nicht nur Pkw, sondern auch Motorräder mit ein (Connected-Ride). Die über die Car2x-Kommunikation erfassten Daten der anderen Verkehrsteilnehmer sind die Grundlage für eine Kreuzungsassistentz. Bei Vorfahrtmissachtung durch einen wartepflichtigen Pkw-Fahrer „warnt ihn das System per Anzeige und Signalton vor einer möglichen Kollision. Zusätzlich aktiviert das System während der Reaktionszeit eine Sekunde lang etwa 30 % der maximalen Bremskraft – ein spürbarer Hinweis an den Fahrer, selbst zu bremsen. Parallel dazu macht das vorfahrtsberechtigte Motorrad gezielt auf sich aufmerksam. Hierzu werden das Fernlicht, zusätzliche LED-Warnleuchten an der Seite und die Warnblinker zur Verbreiterung der Silhouette aktiviert. Bei akuter Kollisionsgefahr ertönt außerdem noch die Hupe des Motorrades. Das Handling wird dadurch nicht beeinflusst“ (<http://www.7-forum.com/news/>

Die-zukuenftige-Mobilitaet-Aktiv-erfahre-3398.html, Dr. Felix KLANNER). Zum Umgang mit Informations- und Navigationssystemen wurde keine Veröffentlichung gefunden.

Ein tabellarischer Überblick der Literatur ist im Anhang unter Punkt 9.6 zu finden.

2.1.6 Aktuelle EU-Projekte zum Motorradfahren

SAFERIDER

Wie die meisten anderen Projekte im Bereich Motorrad ist auch SAFERIDER (<http://www.saferider.eu/>) von dem Ziel motiviert, das Fahren sicherer zu gestalten. Start des Projekts war am 01.01.2008 mit einer Laufzeit von 36 Monaten.

Die Anpassung und Nutzbarmachung der Fahrerassistenz- und Informationssysteme könnten einen entscheidenden Beitrag zur Reduzierung der Unfallraten leisten. Ziel des SAFERIDER-Projekts war es, diesen Transfer zu schaffen und dabei nutzerfreundliche sowie effektive Assistenz- und Informationssysteme zu entwickeln (Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) und In-Vehicle Information Systems (IVIS)). Im Anwendungsbereich der motorisierten Zweiräder wird von „Advanced Rider Assistance Systems“ (ARAS) bzw. „On-Bike Information Systems“ (OBIS) gesprochen. Die genauen Ziele lauteten wie folgt:

1. Bestimmung der Anwendungsbereiche von ARAS/OBIS für Motorräder.
2. Bestimmung des Funktionsumfangs der priorisierten ARAS/OBIS für Motorräder, aufbauend auf der Analyse von Unfalldaten und Realfahrversuchen.
3. Entwicklung von ARAS-/OBIS-Prototypen.
4. Aufbau eines HMI-Konzepts und Entwicklung von Warn- und Informationselementen.
5. Technische Überprüfung der entwickelten Systeme und Integration in Real- und Simulatorfahrzeuge.
6. Bestimmung der Benutzerakzeptanz und der sicherheitsrelevanten Auswirkungen.
7. Erstellen eines Handbuchs mit Designgrundlagen für die ARAS/OBIS-Integration und den HMI-Aufbau.

8. Entwicklung eines Fahrertrainings zur optimalen Benutzung der ARAS/OBIS.

Folgende Systeme wurden in SAFERIDER untersucht:

ARAS

(zitiert nach: <http://www.saferider-eu.org/aras.html>)

Die folgenden fünf Advanced Rider Assistance Systems (ARAS) haben die höchste Wirkung auf die Sicherheit motorisierter Zweiräder:

- Geschwindigkeitswarnung (Speed Alert Functionality)

Der Geschwindigkeitswarner informiert den Fahrer, wenn dieser das erlaubte Tempolimit überschreitet. Die Informationen über erlaubte Höchstgeschwindigkeiten resultieren aus der Verarbeitung von Kartenmaterial und Fahrzeugdaten. Die Entwicklung dieser Funktion steht im Zusammenhang mit der Integration von On-Bike-Information-System-(OBIS-)Daten (Karten, ...) und Standardfahrzeugdaten wie der Geschwindigkeit.

- Kurvenwarnung (Curve Warning)

Der Kurvenwarner warnt den Fahrer vor Risikofaktoren beim Befahren der vorausliegenden Kurve. Eine zu hohe Geschwindigkeit wird aus dem voraussichtlichen Geschwindigkeitsprofil in Kombination mit dem Kartenmaterial abgeleitet. Für die kommenden Sekunden werden Geschwindigkeitsempfehlungen gegeben.

- Kollisionswarnung (Frontal Collision Warning)

Der Kollisionswarner warnt den Fahrer, wenn ein hohes Risiko einer Kollision mit einem Hindernis im näheren Umfeld des Motorrads entdeckt wird. Das ARAS entdeckt nicht nur Hindernisse, sondern evaluiert gleichermaßen den Schweregrad des Zusammenstoßes. Die Funktion besteht aus zwei Unterfunktionen: dem sicheren Abstand (Warnung, wenn der Abstand zum Vorderfahrzeug im Verhältnis zur Reaktionszeit zu gering wird) und dem sicheren Verhältnis aus Geschwindigkeit und Streckenverlauf (Warnung, falls eine plötzliche Korrektur notwendig wird, da das Vorderfahrzeug die Fahrspur kreuzt oder langsamer ist und der Fahrer nicht zu reagieren scheint).

- Kreuzungsassistent (Intersection Support)

Der Kreuzungsassistent soll die Sicherheit in Kreuzungen verbessern. Kreuzungen sind Teil der kritischsten Streckenabschnitte für Motorradfahrer, da leicht unerwartete Hindernisse auftauchen können. Diese Funktion kann auch für andere Gefahren wie auf die Fahrbahn tretende Fußgänger, enge Streckenabschnitte, Tunnel etc. verwendet werden und hat das Ziel, eine angemessene Geschwindigkeit beim Passieren einer unübersichtlichen Situation sicherzustellen. Damit können konsequent Unfälle an kritischen Streckenabschnitten reduziert werden.

- Spurwechselassistent (Lane Change Support)

Der Spurwechselassistent warnt den Fahrer, wenn bei einem potenziellen Spurwechsel eine Kollision drohen würde. Dafür wird das seitliche und hintere Umfeld des Motorrads mit Radarsensoren überwacht, die Informationen über Geschwindigkeit und Position der sich nähernden Fahrzeuge bereitstellen. Diese wiederum werden genutzt, um die Kritikalität eines Spurwechsels einzuschätzen. Möchte der Fahrer die Spur wechseln, wird er über das potenzielle Risiko mittels eines HMIS informiert.

OBIS

(zit. nach: <http://www.saferider-eu.org/obis.html>)

Die Implementierung und Anpassung von In-Vehicle Information Systems (IVIS) als On-Bike Information Systems (OBIS) auf motorisierten Zweirädern zielen auf die Reduzierung von Unfällen ab. Diese Systeme stellen wichtige Informationen bspw. über Wetterbedingungen bereit und verhindern eine Ablenkung durch intelligente Kommunikationsschnittstellen wie das Nutzen eines Mobiltelefons oder eines mobilen Radios während des Fahrens.

Die folgenden vier OBIS haben den stärksten Einfluss auf die Sicherheit motorisierter Zweiräder:

- eCall

Das eCall-System kann über Funk Informationen, wie bspw. den Ort eines Unfalls oder Sturzes, bereitstellen.

- Telediagnostisches Modul (Telediagnosics Module)

Telediagnostische Dienste stellen einen Mehrwert für den Fahrer dar, indem kontinuierlich die

Nutzung und Funktionsfähigkeit des Fahrzeugs und einzelner Systeme überwacht werden.

- Navigation & Routenführung (Route Guidance)

Navigationssystemen kommt durch die Integration von Kartendaten und Positionierung des Motorrads eine Schlüsselrolle v. a. für Novizen und Touristen zu.

- Wetter-, Verkehrs- & Toter-Winkel-Warnung (Weather, Traffic & Black Spot Warnings)

Diese Funktion integriert Wetter-, Verkehrs- und Unfalldaten in das Navigationssystem, um den Fahrer vor potenziellen Gefahren entlang seiner Route zu warnen.

Die Ergebnisse sind in Zwischenberichten und Veröffentlichungen in Fachjournalen verfügbar. Ausführliche Ergebnisse des Abschlussberichts sind bislang nicht öffentlich zugänglich.

Im Zwischenbericht D.51.1 wurden verschiedene Systeme zunächst vorgestellt und klassifiziert. Die Ergebnisse einer ersten Expertenbefragung zu den einzelnen Systemen werden in Tabelle 2 dargestellt.

Für die zu untersuchenden Systeme hat das Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité (INRETS) eine Benchmarking-Database angelegt. Fazit aus dem Benchmarking ist:

- Bei der Durchsicht fällt auf, dass die vorgeschlagenen Systeme für unterschiedliche Motorradklassen infrage kommen.

Systeme	Expertenurteil
Geschwindigkeitswarnung	Kritisch, audiovisuelle Warnungen bevorzugt
Kurvenwarnung	Unkritisch
Warnung vor Frontalaufprall	Meinungen gehen auseinander, die meisten Experten gehen von einem audiovisuellen Warnsignal aus, das größte Aufmerksamkeit für den Vorfahrer verlangt.
Kreuzungsassistent	Keine klaren Aussagen
Navigation & Routenführung	Sehr hilfreich, am besten nicht ablenkend
Wetter-, Verkehrs- und Toter Winkel Warnung	Dezent und intuitives System

Tab. 2: Expertenurteile zum Einsatz von Assistenz beim Motorradfahren in SAFERIDER

- Die Systeme gliedern sich in Klassen wie Sicherheit, Komfort oder Unterhaltung.
- Die meisten Systeme sind in einem frühen Prototypstadium und noch nicht auf dem europäischen Markt erhältlich. Manche, wie der Frontalaufprallwarner, sind zumindest in Japan erhältlich.
- Verschiedene IVIS-Funktionen sind schon auf dem Markt verfügbar (Entertainment wie Musik hören, Hörbücher hören oder Bilder betrachten; Navigation etc.). Allerdings findet sich keine Literatur dazu, ob Motorradfahrer diese Funktionen wirklich nutzen.

Einzelne Systeme konnten im Rahmen von SAFERIDER umgesetzt und evaluiert werden. Exemplarisch wird im Folgenden das Curve Warning betrachtet, wobei die Umsetzung der Warnung im Vordergrund steht. Eine Simulatorstudie von HUTH et al. (2012) hat die Umsetzung des ARAS Curve Warning untersucht. Es zeigte sich, dass sowohl über einen Eingriff am Gasdrehgriff (Force Feedback) als auch über Vibration in einem speziellen Handschuh eine der Kurve besser angepasste Fahrweise zu erreichen ist. Hinsichtlich des Workload ergaben sich keine Unterschiede bezüglich der zwei Warnvarianten. Allerdings erforderte die Warnung im Gasdrehgriff eine höhere Aufmerksamkeit. Die Warnung mittels Vibration im Handschuh wurde von den Fahrern besser akzeptiert, da hier kein direkter Eingriff in die Fahrzeugkontrolle geschieht.

Bezüglich der Nutzung von Assistenzsystemen hat sich gezeigt, dass die soziale Norm, also die Akzeptanz des Systems unter Motorradfahrern allgemein, und das HMI-Design entscheidende Prädiktoren für die Nutzung des Systems darstellen. Die Einschätzung der Fahrsicherheit ohne System hatte überraschenderweise keinen Einfluss auf die Nutzung des ARAS (HUTH & GELAU, 2012).

2-Be-Safe

Das durch die Europäische Kommission finanzierte Projekt 2-Be-Safe lief seit Januar 2009 über 36 Monate (vgl. <http://www.2besafe.eu/>).

Ziel dieses Projekts war es, Methoden zu entwickeln, um den Mangel an spezifischem Wissen in Bezug auf Fahrverhalten, Sicherheit und Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern der motorisierten Zweiradfahrer zu beheben. Die Ursache für

die konstant hohen Unfallzahlen liegt laut der MAIDS-Studie (Motorcycle Accidents in Depth-Study) vor allem darin, dass Autofahrer Zweiradfahrer leicht übersehen können.

Um sich der Thematik zu nähern, verfolgt 2-Be-Safe verschiedene Ansätze:

- Tiefenanalyse von Motorradunfällen,
- naturalistische Fahrverhaltensbeobachtung von motorisierten ZweiradfahrerInnen,
- soziokulturelle Analyse von motorisierten ZweiradfahrerInnen,
- Entwicklung von Methoden zur Untersuchung des Verhaltens von motorisierten ZweiradfahrerInnen,
- Durchführung von Verhaltensstudien mittels verschiedener Zugänge,
- Verkehrskonflikttechnik, experimentelle Studien, Studien am Simulator,
- Verwendung der Cognitive Work Analysis,
- Erstellung von Richtlinien zur europaweiten Verbesserung der Sicherheit von motorisierten ZweiradfahrerInnen,
- Verbreitung und Verwertung der Ergebnisse.

Methodisch arbeitete die Forschungsgruppe mit sechs instrumentierten Motorrädern, einem Auto, um Interaktionen von motorisierten Zweirädern mit einem Kfz aufzeichnen zu können, zwei Motorrad-simulatoren und einem Kfz-Fahrsimulator.

Die Tiefenanalyse von Motorradunfällen betrachtet den Einfluss verschiedener Faktoren wie Unfallpartner, Fahrzeugzustand, Schutzkleidung, Wetter- und Straßenverhältnisse etc. Die Ergebnisse werden dabei nach Ländern differenziert dargestellt (vgl. LAPORTE & ESPIÉ, 2012).

Ein Schwerpunkt war bspw. die Erforschung der Sichtbarkeit von Motorradfahrern, welche, wie oben genannt, eine der Hauptursachen für Unfälle darstellt. Diese kann neben angepasster Motorradbekleidung (Warnweste, helle Farben, ...) vor allem durch spezielle Lichtkonfigurationen am Motorrad gesteigert werden. Als hilfreich erwiesen sich bspw. gelbe oder blinkende Frontscheinwerfer (Alternating Blinking Light System (ABLS)) sowie zusätzliche Schweinwerfer an Federgabel oder Lenker (T-Light).

Im Rahmen einer Pilotstudie wurde zunächst eine Naturalistic Riding Study durchgeführt, um diesen methodischen Ansatz zu validieren und Wissen für zukünftige Studien zu gewinnen. Dabei wurden verschiedene Ansätze zur automatischen Erkennung kritischer Events in den Fahrdaten entwickelt und evaluiert. Die resultierenden Algorithmen können sicherheitskritische Abschnitte in den Fahrdaten detektieren, welche anschließend analysiert werden können. Was die Einschätzung der Kritikalität von Fahrsituationen angeht, unterscheiden sich zwei Gruppen von Fahrertypen (Sportfahrer vs. Pendler). Pendler, welche primär Motorrad fahren, um schneller voranzukommen, Parkprobleme zu umgehen und Geld zu sparen, neigen dazu, die Kritikalität von Situationen zu unterschätzen.

Die Möglichkeit zur Nutzung eines Motorradsimulators für verschiedene Fragestellungen wurde ebenfalls evaluiert. Es zeigte sich eine gute Verwendbarkeit für nicht städtische Verkehrsräume. Bei urbanen Fahrten treten vermehrt Probleme mit der Geschwindigkeitswahrnehmung, Fahrzeugkontrolle und Simulatorkrankheit auf, was die Umsetzbarkeit und damit die Validität der Ergebnisse einschränkt.

Ein weiterer methodischer Ansatz neben der Erhebung von Fahrdaten war die Befragung. Eine Online-Umfrage zeigte, dass die generelle Akzeptanz von Assistenzsystemen bei Motorradfahrern deutlich geringer als bei Autofahrern ausfällt. Motorradfahrer würden nur Systeme akzeptieren, welche sie als nützlich, verlässlich und effektiv erachten oder gut bekannt sind (ABS, Airbags etc.). Fahrer, welche das Risiko als einen der größten Nachteile am Motorradfahren einschätzen, sind eher offen gegenüber Assistenzsystemen.

Mit einer Cognitive Work Analysis (CWA) wurde durch Interviews mit erfahrenen Motorradfahrern die Meinung der Zielgruppe zur Erhöhung der Fahr-sicherheit erfragt. Hierbei wurden bspw. fortgeschrittene Fahrertrainings als eine Möglichkeit betrachtet. Sämtliche Ergebnisse wurden zusammengestellt und daraus Richtlinien zur Verbesserung der Sicherheit von motorisierten Zweiradfahrern abgeleitet. Detaillierte Ergebnisse sind im 2-Be-Safe-Abschlussbericht zu finden (LAPORTE & ESPIÉ, 2012).

PISa

Ziel des Projekts PISa (Powered Two Wheeler Integrated Safety) (<http://www.pisa-project.eu/site/en/about.php>) war es, zuverlässige und ausfallsi-

chere Sicherheitssysteme zu entwickeln, die den Bedürfnissen der motorisierten Zweiradfahrer Rechnung tragen. Inzidenz und Schwere von Unfällen sollten bis zu 50 % reduziert werden. Die Laufzeit des Projektes war von 2006 bis 2009.

Durch die Einspurigkeit ihrer Fahrzeuge sind Motorradfahrer vor allem beim Bremsen und Abbiegen stärker beansprucht als Autofahrer. Neben den bisher nur spärlich vorhandenen ABS- und integralen Bremssystemen sollten in Anlehnung an Autosysteme auch Mechanismen entwickelt werden, welche die Geschwindigkeit bei einem nicht mehr zu vermeidenden Unfall reduzieren. So sollten sowohl Regler in den Bremsen als auch in der Federung in Kombination mit Warnsystemen eine Verbesserung des Handlings und der Stabilität gewährleisten. Die entwickelten Systeme wurden in Realfahrten und Simulatortests evaluiert.

Aus verschiedenen Zwischenberichten sind u. a. folgende Ergebnisse zugänglich:

Motorradfahrer sind zwar an Systemen, die direkte Fahrerunterstützung bieten, wie ABS, ESP und Nachsichtunterstützung, interessiert, sie lehnen aber solche ab, die ihnen Aufgaben abnehmen sollen.

Unfallanalysen und Interventionsvorschläge ergaben die Grundlage zur Untersuchung der technische Umsetzbarkeit von Assistenzsystemen, um Unfälle zu vermeiden oder sie zumindest in ihren Folgen abzumildern. Die zu untersuchenden Systeme wurden zuerst auf einem globalen Level definiert und dann als spezifisches System konkretisiert. Zur Quantifizierung der Auswirkung auf das Verkehrsgeschehen wurde von einer perfekten Funktion der Systeme und der maximalen positiven Auswirkung ausgegangen. Anschließend wurden diese Systeme nach der Unfallvermeidungsrate geordnet. Nach der Priorisierung und Eliminierung ungeeigneter Systeme ergab sich folgende Rangreihe:

- automatischer Bremsassistent,
- Sensor- und Warnsystem vor anderen Fahrzeugen,
- spezielle Verkleidung zur besseren Sichtbarkeit,
- ABS,
- EBS (Enhanced Braking System),
- CBS (Combined Braking System/Linked Brakes),
- ACC (Adaptive Cruise Control).

MYMOSA

Das Projekt startete am 1.10.2006 und wurde zum 30.09.2010 abgeschlossen (<http://www.mymosa.eu/>).

Das MYMOSA-Projekt hatte sich als Ziel gesetzt, die Unfallzahlen und Unfallfolgen unter Motorradfahrern zu reduzieren.

Um diese Ziele zu erreichen, wurden Forschungsansätze interdisziplinär kombiniert, um neue Modelle und Simulationen zu entwickeln. Darüber hinaus wurden Schutzkleidung sowie Warn- und Assistenzsysteme auf ihr Potenzial untersucht, Motorradfahrer noch besser zu schützen. In den Ergebnissen findet man u. a. den Vergleich von Helmsicherheitsstandards. Außerdem wurden verschiedene Modelle des Tests von Motorradhelmen vorgestellt. Dabei wird sowohl auf den von der EU vorgeschriebenen ECE-22-05-Standard als auch auf realistischere Modelle eingegangen, die den kompletten menschlichen Körper beachten.

2.2 Befragungsstudie zur Beanspruchung beim Motorradfahren

2.2.1 Ziele

Neben einer ausführlichen Literaturanalyse sollten auch die Motorradfahrer, als Experten für ihre Tätigkeit, zu Wort kommen: Wie beschreiben Motorradfahrer selbst das Fahren? Aus diesem Grund wurde eine Befragung durchgeführt, welche die Begriffe der Belastungs-/Beanspruchungsforschung explizit thematisiert. Neben einem demografischen Bogen, der einerseits den gewonnenen Probandenpool beschreibt und in den Kontext anderer demografischer Studien setzen kann, wurden offene Fragen gestellt, in denen die Aspekte genauer

beleuchtet werden, die Motorradfahren anstrengend oder schwierig machen.

2.2.2 Stichprobe

Die WIVW GmbH führt seit vielen Jahren Untersuchungen in der Fahrsimulation durch. In dieser Zeit wurde ein Testfahrerpanel aufgebaut, das aus über 600 Personen besteht, die regelmäßig an Studien teilnehmen. Bei der Aufnahme ins Testfahrerpanel werden die Fahrer unter anderem ausführlich zu ihrer Fahrerfahrung und ihrem Führerscheinbesitz befragt. Unter den 600 Personen befinden sich 110 Männer und Frauen zwischen 18 und 75 Jahren, die einen Motorradführerschein besitzen. Von diesen waren 79 Personen per E-Mail erreichbar. Aus pragmatischen Gründen waren diese Personen die ersten Ansprechpartner für eine ausführliche Befragung zu Art der Nutzung und Stellenwert dieses Fortbewegungsmittels. Die Rücklaufquote betrug mit 47 beantworteten Bögen 60 %. 41 der 47 Personen waren zudem bereit, im weiteren Fortgang des Projekts als Proband für Versuche in der Motorradsimulation zur Verfügung zu stehen.

2.2.3 Fahrerprofil

Unter den Befragten befinden sich 79 % Männer und 21 % Frauen. Die meisten Fahrer entfallen auf die Altersspanne zwischen 26 und 55 Jahre. Demografische Daten sind in Bild 7 veranschaulicht. Bild 8 beschäftigt sich mit der Fahrerfahrung. 14 Personen fahren gar nicht oder nicht mehr. Knapp die Hälfte fährt regelmäßig. Die durchschnittliche Jahresfahrleistung verteilt sich mit einem Drittel auf Personen, die weniger als 500 km im Jahr fahren, ein weiteres Drittel fährt zwischen 500 und 3.000 km, die anderen fahren 3.000 km und mehr im Jahr.

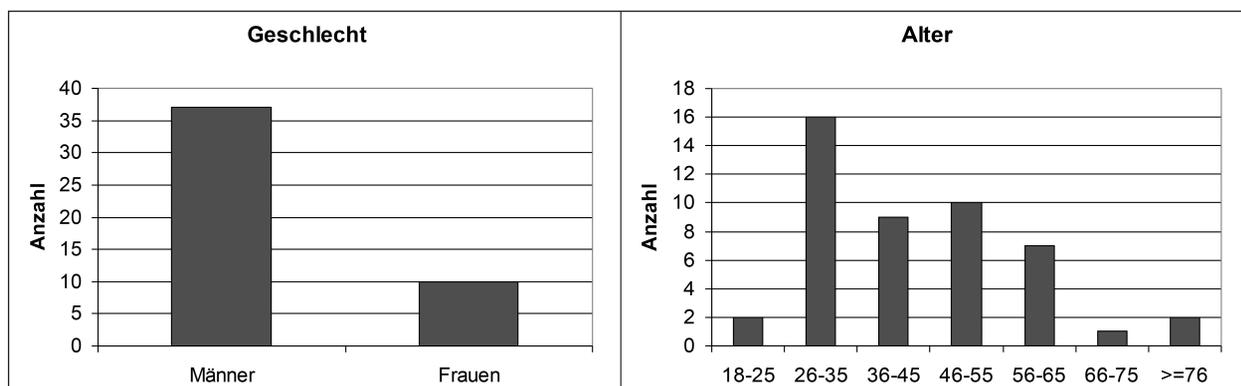


Bild 7: Beschreibung der Motorradfahrer im Testfahrerpanel des WIVW

Die Mehrzahl der Motorradfahrer fährt an Wochenenden, und zwar vor allem dann, wenn das Wetter schön ist.

Knapp 20 % der Befragten fährt Scooter/Motorroller. Bei den höherklassigen Motorrädern werden im Wesentlichen Chopper/Cruiser und sog. Naked Bikes gefahren (je 20 %). Weitere 20 % haben kein

eigenes Motorrad. Die restlichen 20 % verteilen sich gleichermaßen auf andere Motorradklassen (vgl. Bild 9).

Das Motorrad wird hauptsächlich als Saison-Fortbewegungsmittel (vgl. Bild 10) genutzt, darüber hinaus für Fahrten in den Urlaub bzw. schlicht zum Fahren an sich (Cruisen). Das Fahren vermittelt

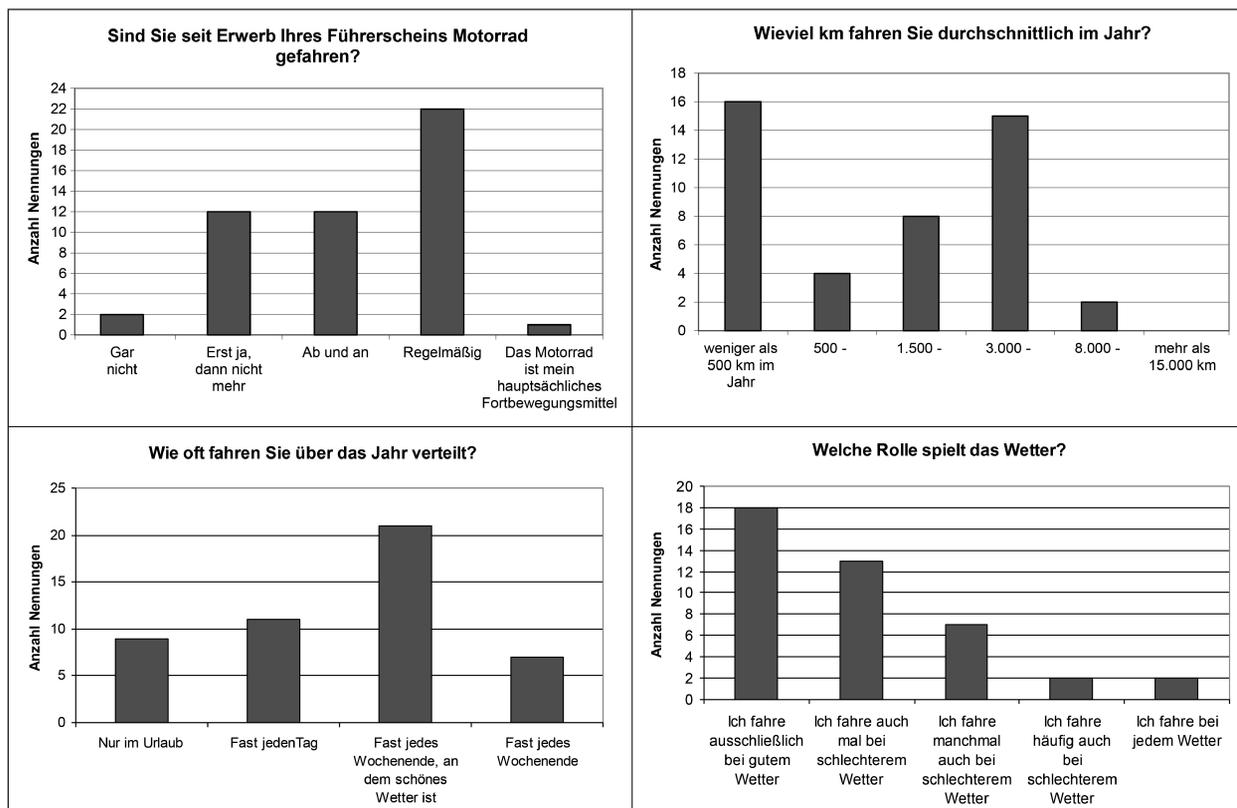


Bild 8: Fahrerfahrung der Befragten

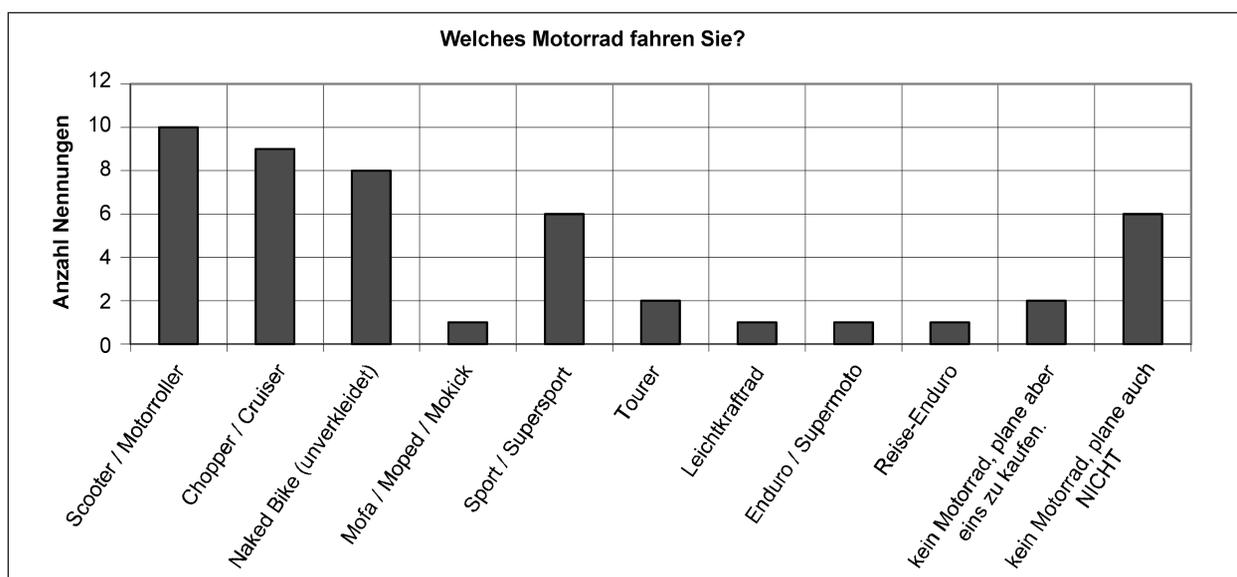


Bild 9: Gefahrene Motorräder

dabei Spaß, Lebensgefühl und Freiheit. Die Mitgliedschaft in einem Motorradclub scheint dabei von untergeordneter Bedeutung zu sein: Nur einer der Befragten ist Mitglied.

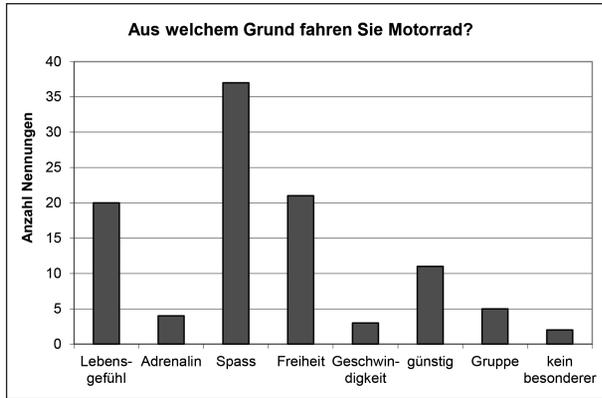


Bild 10: Motivation zum Motorradfahren

20 Personen berichten von Unfällen, davon drei als Sozius auf einem Motorrad. Ca. die Hälfte der Unfallbeteiligten hat nach dem Unfall einen defensiveren Motorradfahrstil gewählt, zwei Personen haben das Motorradfahren ganz aufgegeben (vgl. Bild 11). 24 der befragten Motorradfahrer haben im Zusammenhang mit dem Motorradfahren Erfahrung mit Assistenzsystemen (vgl. Bild 12). Im Wesentlichen wird dabei das ABS genannt. Nur sechs Fahrer nutzen ein spezielles Motorradnavigationssystem.

2.2.4 Freie Antworten zur Belastung/Beanspruchung

Neben der Typisierung des Motorradfahrens wurden folgende freie Fragen gestellt, die zu einer Beschreibung der Belastung/Beanspruchung beim Motorradfahren führen sollten:

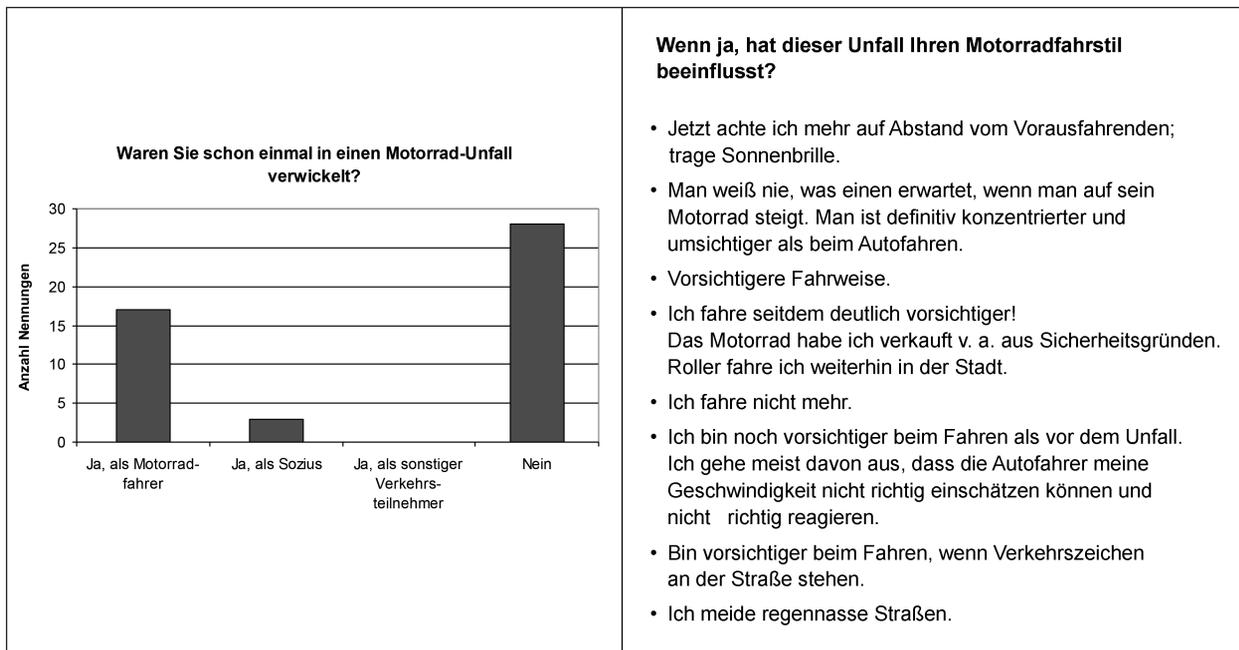


Bild 11: Unfallerfahrung der befragten Stichprobe (links). Alle freien Antworten zum Motorradfahrstil nach dem Unfall (rechts)

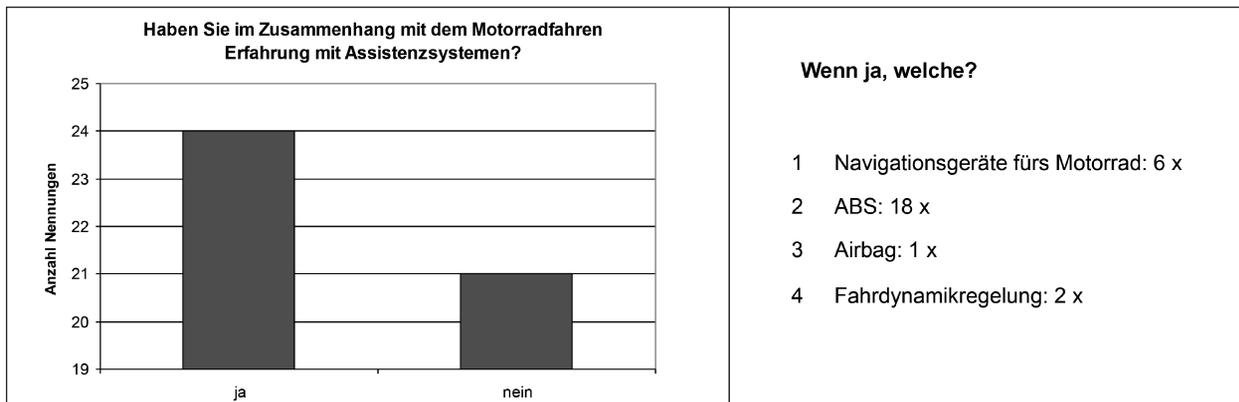


Bild 12: Erfahrung mit Assistenzsystemen am Motorrad

- Was am Motorradfahren ist anstrengend? Nennen Sie 1-3 Beispielfahrzenarios. Warum sind sie anstrengend?
- Was am Motorradfahren ist schwierig? Nennen Sie 1-3 Beispielfahrzenarios. Warum sind sie schwierig?
- Was am Motorradfahren ist gefährlich? Nennen Sie 1-3 Beispielfahrzenarios. Warum sind sie gefährlich?
- Was am Motorradfahren ist lästig? Nennen Sie 1-3 Beispielfahrzenarios. Warum sind sie lästig?
- Was am Motorradfahren macht Spaß? Nennen Sie 1-3 Beispielfahrzenarios. Warum machen sie Spaß?

Bei der Auswertung fällt zunächst auf, dass es bei den Antworten zu den Fragen nach anstrengend, schwierig, lästig und gefährlich Überschneidungen gibt. Beispielsweise wird „Regen“ von manchen Befragten unter „ist anstrengend“, von anderen unter „lästig“ abgelegt. Betrachtet man die Antworten der Befragten genau, so fällt auf, dass gerade das Thema „Wetter“ von ganz unterschiedlichen Seiten beleuchtet werden kann. Es ist beispielsweise lästig, auf dem Motorrad im Regen zu fahren. Man wird nass, das Visier beschlägt, es ist kalt und im Schutzanzug schwitzt man trotzdem. Darüber hinaus ist es schwierig, auf regennasser Fahrbahn gut und vorausschauend zu fahren. Macht man Fehler, so ist es gefährlich, bei nasser Fahrbahn umso mehr, weil man schneller rutscht, da man im Falle eines Unfalls deutlich weniger geschützt ist als in einem Auto. Ist das Wetter jedoch besonders warm, so ist das Fahren anstrengend, da man stark schwitzt. Und zu guter

Letzt macht das Motorradfahren gerade bei schönem Wetter besonders viel Spaß.

Aus diesem Grund wurden die Nennungen unabhängig von ihrer ursprünglichen Zuordnung durch den Befragten nach Themen gruppiert und die Anzahl der Nennungen zu jedem Thema summiert. Schließlich wurden die Themengruppen zur grafischen Darstellung der Frage zugeordnet, zu der die meisten Nennungen zum jeweiligen Thema gemacht wurden.

Als anstrengend werden im Wesentlichen die Aspekte des Motorradfahrens bezeichnet, die physisch bzw. körperlich Kraft kosten (vgl. Bild 13). Dabei kann Kraft im wörtlichen Sinn gemeint sein, wenn es ums Rangieren des Motorrads oder das sich Halten bei hohen Geschwindigkeiten auf dem Motorrad geht, vor allem aber die starre Sitzposition bei Langstreckenfahrten. Die Anstrengung hat eine zeitliche Komponente. Fahren unter Wetterbedingungen (Hitze, Regen) ist zunächst lästig, dauert es länger an, wird es anstrengend. Als mental anstrengend wird bezeichnet, dass man ständig aufmerksam sein muss.

Das Fahren mit Sozium wird als emotional bezeichnet. Häufig ist das Verhalten des Soziums nicht zielführend bzw. sogar destruktiv, wenn er ängstlich ist oder dem Fahrer nicht vertraut. Betrachtet man die Anzahl der Nennungen zu den einzelnen Themenschwerpunkten, so zeigt sich, dass Beanspruchung beim Motorradfahren sehr stark durch physische Anstrengung gekennzeichnet ist.

Bei der Frage nach der Schwierigkeit beim Motorradfahren werden von den Befragten überwiegend

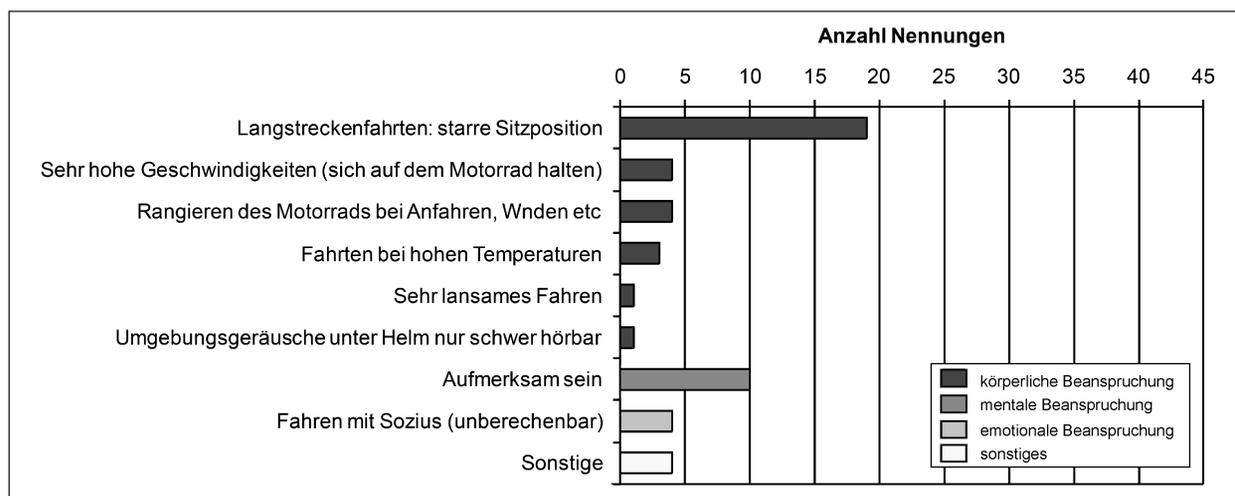


Bild 13: Freie Antworten zur Frage: Was am Motorradfahren ist anstrengend?

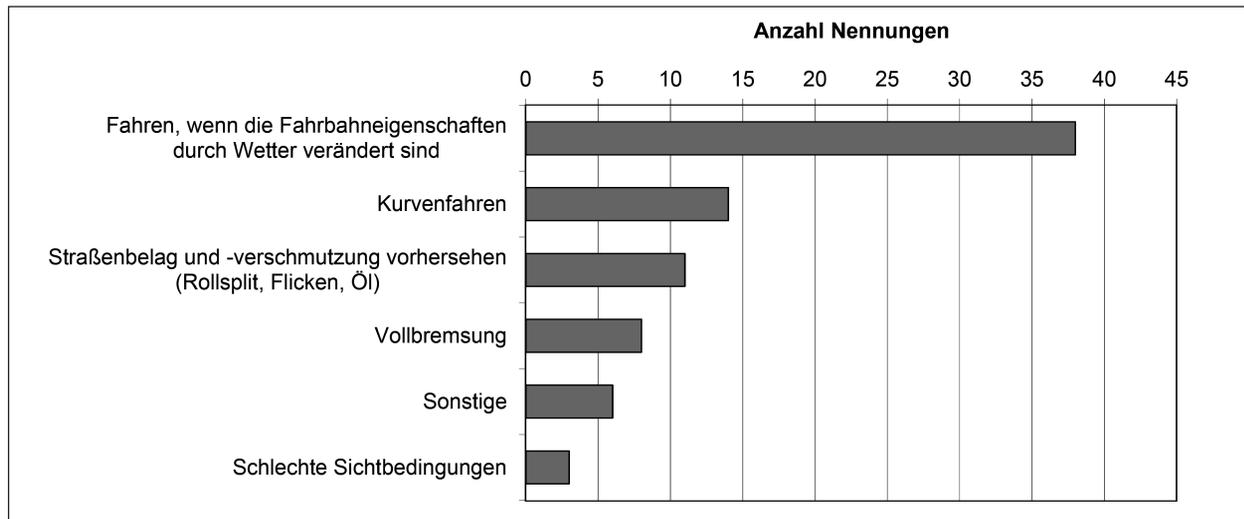


Bild 14: Freie Antworten zur Frage: Was am Motorradfahren ist schwierig?

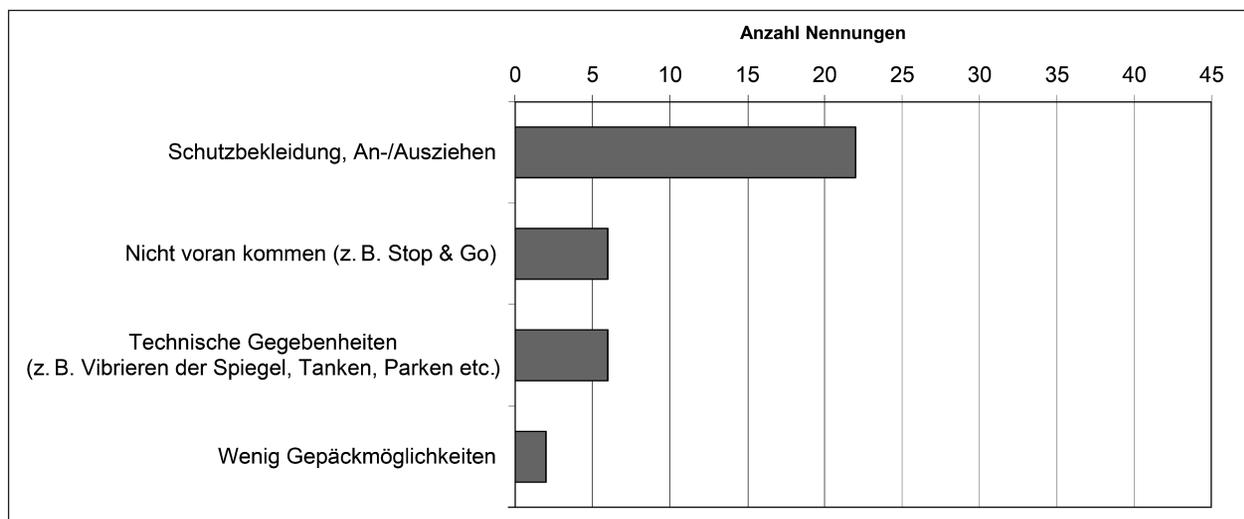


Bild 15: Freie Antworten zur Frage: Was am Motorradfahren ist lästig?

objektiv beschreibbare kritische Fahrsituationen genannt (vgl. Bild 14). Mit einer sehr hohen Übereinstimmung wird das Fahren auf einer durch Witterung bedingt veränderten Fahrbahnbeschaffenheit als schwierig bezeichnet. Ferner werden das optimale Einfahren in Kurven, die richtige Einschätzung des Fahrbahnbelags sowie das gute Ausführen einer Vollbremsung genannt, Aspekte des Fahrens also, die erlernbar sind und durch Fahrpraxis vertieft werden. Sicherlich aus diesem Grund schreiben manche Fahrer (neben anderen zusammengefasst unter „Sonstige“), dass am Motorradfahren nichts schwierig sei. Zur Frage nach lästigen Aspekten des Motorradfahrens werden im Wesentlichen die Schutzbekleidung, das zugehörige An- und Ausziehen und das Mitführen derselben genannt (vgl. Bild 15). Die Befragten waren sich mit

über 40 Nennungen sehr einig darin, dass das Gefährliche am Motorradfahren ist, von den anderen Verkehrsteilnehmern – vor allem die Autofahrer sind hier gemeint – übersehen zu werden (vgl. Bild 16). Dabei ist man ungeschützt und hat somit ein sehr hohes Verletzungsrisiko.

Die Frage nach dem Spaß beim Motorradfahren wurde mit großer Begeisterung beantwortet (n = 78). Wie bereits in den gebundenen Fragen gezeigt, steht das Gefühl von Freiheit als Motivator im Vordergrund (vgl. Bild 17). Das Erleben der Beschleunigung längs und quer beim Kurvenfahren bereitet große Freude. Gerne wird dieses Erlebnis in der Gruppe geteilt.

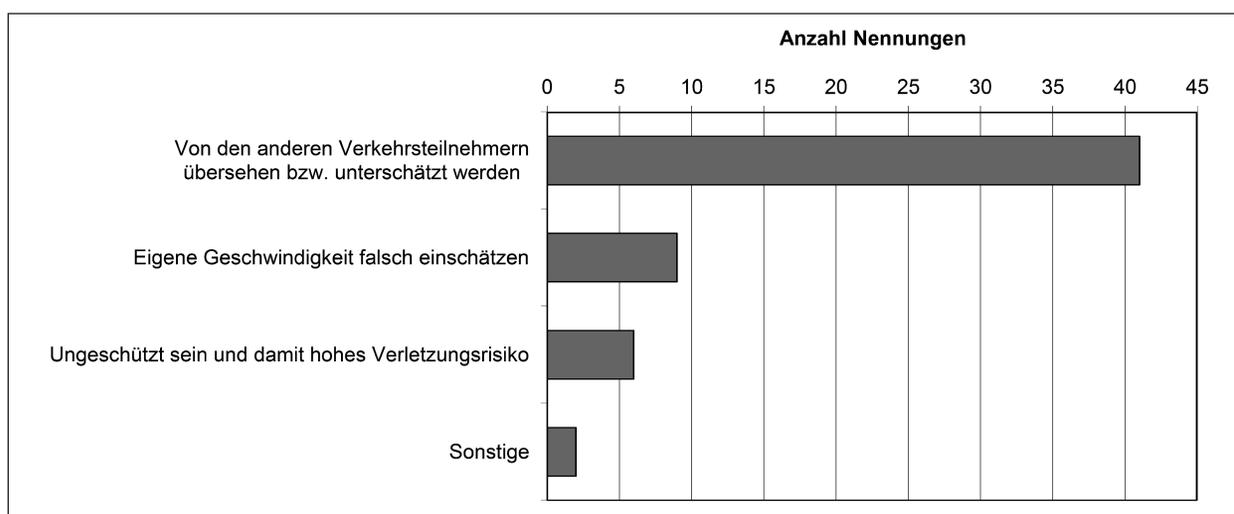


Bild 16: Freie Antworten zur Frage: Was am Motorradfahren ist gefährlich?

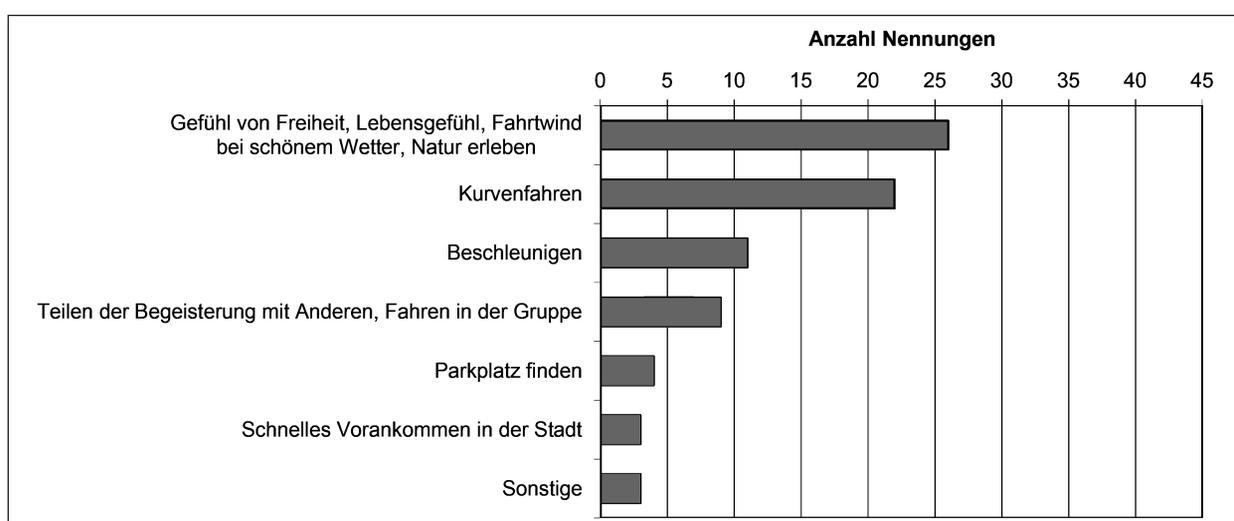


Bild 17: Freie Antworten zur Frage: Was am Motorradfahren macht Spaß?

2.2.5 Diskussion

Obwohl hier eine geringere Probandenzahl zustande kam, entsprechen die demografischen Daten des vorliegenden Probandenpools denen anderer Befragungsstudien (vgl. z. B. BROUGHTON & WALKER, 2009; JAMSON & CHORLTON, 2009). Man kann also davon ausgehen, dass die vorliegenden Probanden ein einigermaßen repräsentatives Bild des Motorradfahrer-kollektivs liefern.

Während die meisten im Literaturüberblick zitierten Studien sich auf die Darstellung bestimmter Fahrertypen festlegen (Risikofahrer, sichere Fahrer, Sensation Seeker etc.), ging es in der vorliegenden Befragung vorwiegend um die Beschrei-

bung beanspruchungsrelevanter Aspekte des Motorradfahrens in Bezug auf das Gesamtkollektiv.

Die Mehrzahl der Motorradfahrer fährt aus Spaß und in ihrer Freizeit. Das Wetter spielt eine wichtige Rolle beim Motorradfahren. Schlechtes Wetter ist einerseits lästig, da man schutzlos ausgeliefert ist, verändert aber auch die Anforderungen an das Fahren selbst und macht es schwieriger. Deswegen fahren die meisten Fahrer auch nur bei schönem Wetter. Gerade dann kann das Lebensgefühl, die erlebte Freiheit, in vollen Zügen genossen werden. „Der Weg ist das Ziel“, schreibt ein Fahrer in den freien Antworten. Es geht um das Fahren selbst, das Erleben der Natur und der Kraft des Motorrads. Diese Aussage wird sowohl von den gebundenen als auch den freien Antworten getragen.

Die Beschreibung des Fahrens unter Beanspruchungsgesichtspunkten liefert interessante Ergebnisse. Auffällig ist, dass mit dem Thema „Anstrengung/Beanspruchung“ vorwiegend körperliche Beanspruchung verbunden wird. Man wird durch das Fahren erschöpft, müde, K. o. etc. Gründe sind langes Sitzen, sich auf dem Motorrad halten, Rangieren, dem Wetter (Hitze, Regen) ausgesetzt sein etc. Mit der energetischen Kapazität muss gehaushaltet werden: Es muss ein Beanspruchungsmanagement stattfinden.

Interessant ist weiterhin, dass unter der Rubrik „Was am Motorradfahren macht Spaß?“ die Aspekte genannt werden, die vorher als schwierig bezeichnet wurden. Offenbar wird die Beanspruchung, die durch die Bewältigung der Schwierigkeiten in der Fahraufgabe erlebt wird, aktiv aufgesucht. Man hat etwas geschafft und ist stolz darauf. Man hat ein Flow-Erlebnis.

Zusammenfassend sind folgende Punkte festzuhalten:

- Es bereitet den Fahrern große Freude, das Fahren zu erleben und schwierige Fahrsituationen zu meistern. Dieser Aspekt ist bei der Gestaltung von Assistenz für das Motorrad entscheidend. Damit Assistenzsysteme ihre Wirksamkeit (z. B. in Bezug auf Sicherheit) entfalten können, müssen sie genutzt und dafür natürlich akzeptiert werden. Um dies zu erreichen, dürfen Assistenzsysteme dem Fahrer das Fahrgefühl nicht nehmen.
- Die Gefahr, durch andere Verkehrsteilnehmer übersehen zu werden, ist für alle Motorradfahrer sehr präsent. Hier liegt mit Sicherheit ein wichtiger Ansatzpunkt für Assistenz. Wie bereits im Artikel von WULF, HANCOCK und RAHIMI (1989) gefordert, sollte sich die Forschung nach wie vor mit der Sichtbarkeit von Motorrädern vermehrt beschäftigen.
- Motorradfahrer suchen Beanspruchung aktiv auf. Anforderungen, die schwierig sind und gemeistert werden, machen in ihrer Bewältigung Freude. Dieser Befund zeigte sich bereits für den fliegerischen Arbeitsplatz, wird aber auch in Arbeiten zum Flow-Konzept beschrieben (BULD, 2000; CSIKSZENTMIHALYI, 2005).
- Die körperliche Belastung spielt beim Führen eines Motorrads eine wichtige Rolle. Daneben werden Belastungen mentaler und emotionaler

Art genannt. Soziale Faktoren sind bei der freien Beschreibung des Motorradfahrens von untergeordneter Bedeutung.

In der vorgestellten Literatur wird diesen Ergebnissen bislang kaum experimentell nachgegangen. Hier besteht dringend grundlegender Forschungsbedarf.

2.3 Konzepte der Belastungs-/Beanspruchungsmessung

Wie der bisherige Literaturüberblick gezeigt hat, existiert bislang kaum speziell auf das Motorradfahren zugeschnittene Belastungs-/Beanspruchungsforschung. Dieses Kapitel beschäftigt sich mit allgemeinen Erkenntnissen zur Belastungs-/Beanspruchungsmessung, deren Relevanz für das Motorradfahren zu prüfen ist. Das Thema Beanspruchungsmessung wird von zwei unterschiedlichen Forschungskonzepten adressiert: dem arbeitspsychologischen Modell der Belastung/Beanspruchung sowie den Ansatz zur Informationsverarbeitung, dem Workload-Konzept. Beide Konzepte werden in den folgenden Kapiteln dargestellt.

2.3.1 Belastung, Beanspruchung und Beanspruchungsfolgen

Das Belastungs-/Beanspruchungsmodell ist ein grundlegendes Konzept in den deutschsprachigen Arbeitswissenschaften. Es hat seinen Ursprung in der sog. Ingenieurspsychologie (z. B. HACKER, 1986) und dem Bereich der Ergonomie (z. B. SCHMIDTKE, 1993). Das Modell will Zusammenhänge zwischen Auswirkungen der Arbeit beim Menschen und deren Ursachen beschreiben, erklären und vorhersagen (siehe Bild 18).

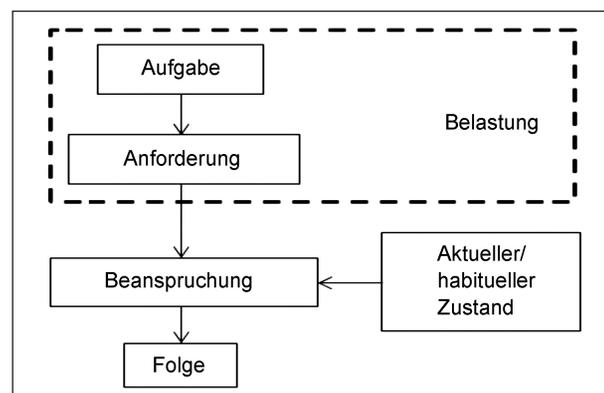


Bild 18: Beanspruchung als Ergebnis von Belastung (nach HACKER, 1986)

In einer allgemeinen Definition werden die Belastungen als Ursachen betrachtet, die aus der Arbeitsaufgabe resultieren. Belastungen können energetische und informatorische Aspekte sowie physikalische und organisatorische Bedingungen umfassen. Als deren Auswirkung werden die hieraus beim Menschen resultierenden Beanspruchungen interpretiert. Dabei hängt das Ausmaß der Beanspruchung sowohl von den Anforderungen als auch von Eigenschaften, Fähigkeiten und Fertigkeiten des Individuums ab. Die objektiv gleichen Belastungen können somit zu subjektiv unterschiedlicher Beanspruchung führen (BOKRANZ & LANDAU, 1991).

In diesem allgemeinen Konzept werden physische und psychische Belastungen und Beanspruchungen am Arbeitsplatz thematisiert.

Psychische Belastung und Beanspruchung werden als zwei getrennte Konstrukte betrachtet. Sie sind nach EN ISO 10075-1 (1996, zitiert nach NACHREINER, 1999) wie folgt definiert:

- Psychische/physische Belastung: die Gesamtheit aller erfassbaren Einflüsse, die von außen auf den Menschen zukommen und psychisch auf ihn einwirken.
- Psychische Beanspruchung: die unmittelbaren (nicht langfristigen) Auswirkungen der psychischen Belastung im Individuum in Abhängigkeit von seinen jeweiligen überdauernden und augenblicklichen Voraussetzungen, einschließlich der individuellen Bewältigungsstrategien.

Belastung ist somit ein objektiver, personenunabhängiger Parameter, Beanspruchung ist die subjektive Belastungsauswirkung auf den Menschen (BOKRANZ & LANDAU, 1991). Wie aus der Definition deutlich wird, gibt es keine direkten und schon gar nicht linearen Beziehungen zwischen Belastung und Beanspruchung. Als Moderatorvariable muss der menschliche Organismus mit seinen spezifischen körperlichen, emotionalen und sozialen Fähigkeiten berücksichtigt werden. In die Beanspruchung geht neben der objektiven Belastung somit auch immer die subjektive Einschätzung der von den Belastungen Betroffenen mit ein (GROS, 1994). Die aus der Beanspruchung entstehenden Beanspruchungsfolgen äußern sich im Arbeitsergebnis (Verhaltensebene), im Befinden (subjektive Ebene) und in körperlichen Reaktionen (physiologische Ebene) und sind somit durch entsprechende Messverfahren erfassbar (WIELAND-ECKELMANN, 1991).

In der ISO-Definition wird eine klare begriffliche Trennung der verschiedenen Konstrukte „Belastung“, „Beanspruchung“ und „Beanspruchungsfolgen“ vorgenommen. Leider zeigt sich sowohl in der Literatur wie in der Alltagssprache eine Vermischung der Begriffe, die z. B. SCHÖNPFLUG (1987) zu der Kritik führt, dass „die Zweideutigkeit der Umgangssprache, mit ‚Beanspruchung‘ und ‚Belastung‘ sowohl einen Vorgang als auch einen Zustand zu bezeichnen [...], sich im wissenschaftlichen Sprachgebrauch“ (S. 133) fortsetzt.

2.3.2 Anforderung

Ein weiterer abzugrenzender Begriff ist der der Anforderung. Die Begriffe „Anforderung“ und „Belastung“ können über ihren methodischen Zugang unterschieden werden. Ausgangspunkt ist die Aufgabe, die in der Tätigkeitsanalyse vom Experten (Arbeitsplatzinhaber in Zusammenarbeit mit Untersucher) so präzise wie möglich beschrieben wird. Die Analyse der zu verrichtenden Tätigkeiten durch den arbeitspsychologischen Experten ordnet die einzelnen Teilkomponenten der Arbeit in wissenschaftlich fundierte Dimensionen der Leistung und der menschlichen Funktionen ein und erhält damit ein detailliertes Bild der Anforderung, die an den Ausführenden gestellt werden müssen. Auf der Basis dieser Anforderungsstruktur sind sowohl Kriterien für die Selektion geeigneter Personen für diese Tätigkeit wie Kriterien für die Aus- und Weiterbildung dieser Personen zu entwickeln. Beide Maßnahmen sollen garantieren, dass der Operator von seiner Persönlichkeit sowie Ausbildung her in der Lage ist, die gestellten Anforderungen zu bewältigen.

Befragt man im Arbeitsumfeld den Ausführenden selbst danach, was er zur Bewältigung der Aufgabe einzubringen hat, so sind für ihn lediglich Erlebensdimensionen beschreibbar, die zwar auf einer sachlichen Grundlage beruhen, nicht aber die Kenntnis und Akzeptanz eines wissenschaftlich-psychologischen Modells und der entsprechenden Fachtermini voraussetzen. Die Aufmerksamkeit des Urteilers wird auf die Eigenheiten der Aufgabe gelenkt, die er in ihren subjektiv erlebten Anforderungen zu beschreiben hat. Diese subjektiven Anforderungen werden „Belastung“ genannt. Wie Bild 19 zeigt, handelt es sich bei Anforderungen und Belastungen im Grunde um das gleiche Konstrukt der zur Aufgabenbewältigung notwendigen Ressourcen. Der Unterschied ergibt sich daraus, dass in der Anforderung

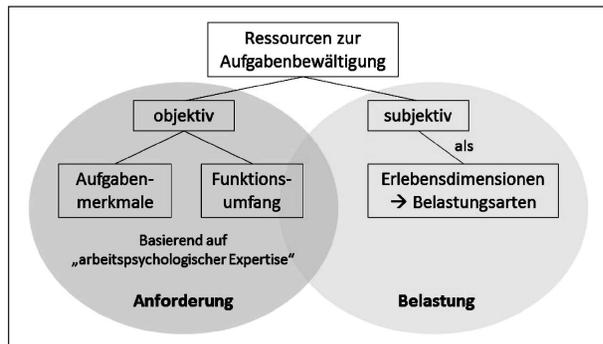


Bild 19: Unterscheidung der Konstrukte Anforderung und Belastung

rungsanalyse diese Ressourcen einer objektiven Analyse durch Experten unterzogen werden, in der Belastungsanalyse einer subjektiven Analyse durch den Arbeitsplatzinhaber. Das heißt, zur gleichen Thematik liegen zwei unterschiedlich generierte Datensätze vor, die notwendigerweise Zusammenhänge zeigen müssen, aber ebenso notwendig Unterschiede aufweisen.

Die Tatsache, dass bestimmte Aufgaben hohe Anforderungen an die Person und an die Ausbildung stellen, führt nicht zwingend dazu, dass der Arbeitsplatzinhaber auch von hohen Belastungen spricht, denn er „kann es ja“. Selektion und Ausbildung sollen dazu führen, dass die Belastungen durch die Arbeit nur so hoch sind wie für die Aufgabe selbst zwingend erforderlich. Sie sollen nicht durch Insuffizienz in der Leistungsfähigkeit des Stelleninhabers erhöht werden. Dieses Minimierungsprinzip der Belastungen, das sich aus der Anwendung der Anforderungsanalyse in Selektion und Ausbildung ergibt, kann dazu führen, dass eine gleiche subjektive Belastungsstruktur auf unterschiedlicher Anforderungsstruktur basiert. Mithin ist eine direkte Übersetzung von Anforderungen in Belastung nicht möglich.

2.3.3 Workload

Die Workload-Forschung hat ihren Schwerpunkt im angloamerikanischen Raum und beschäftigt sich vor allem mit Tätigkeiten mit stark mentalen Anteilen. Das Konzept des „Mental Workload“ wurde erstmals in den 40er Jahren erwähnt und ist vor allem im Zusammenhang mit der Optimierung von Mensch-Maschine-Systemen von Bedeutung (MANZEY, 1998). Ausgangspunkt für die Entwicklung des Workload-Konzepts bilden Untersuchungen der Arbeitsplätze von Piloten und Fluglotsen.

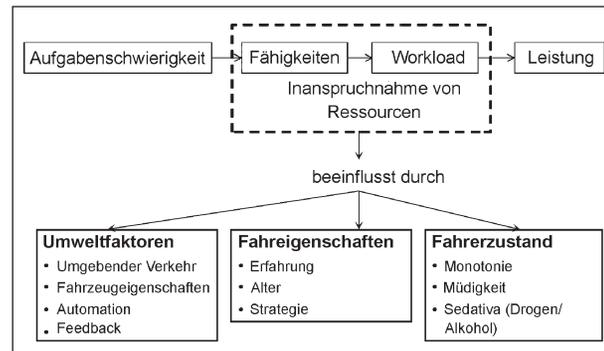


Bild 20: Workload als Prozessmerkmal (Mediator) der Aufgabenbewältigung

Workload bezeichnet nach O'DONNELL und EGGEMEIER (1986) den Anteil der begrenzten Kapazitäten des Operators, die zur Ausführung einer bestimmten Aufgabe benötigt werden. Ziel ist es, die dabei aufgewendete Menge der Kapazität des Operators zu quantifizieren. In der Messung von Workload sehen die Autoren die direkte Erfassung einer Art von Schwierigkeit, mit der eine Person bei der Ausführung einer Aufgabe konfrontiert ist.

Workload ist demzufolge definiert als ein Prozessmerkmal (Mediator) zwischen der Aufgabenschwierigkeit (engl.: task difficulty), den Fähigkeiten bzw. Fertigkeiten des Operators (engl.: operator skill) und der Aufgabenausführung (engl.: performance; siehe Bild 20). Zur Höhe des Workload im Fahrkontext tragen zum einen aufgabenabhängige Faktoren wie die Verkehrssituation, Fahrzeugausstattung, Grad der Automation und Feedback, zum anderen auch Fahrermerkmale bei (Trait-Variablen, wie z. B. Vorerfahrung, Alter, Strategien, bzw. State-Variablen, wie z. B. Monotonie, Ermüdung, Drogen/Alkohol).

Theoretische Grundlage für die Definition des Workload nach O'DONNELL und EGGEMEIER (1986) stellen insbesondere ressourcenorientierte Aufmerksamkeitstheorien dar, die von einer Begrenztheit in der Leistung des informationsverarbeitenden Systems ausgehen. Dabei unterscheiden sich die theoretischen Ansätze darin, ob sie nur eine zentrale Ressource annehmen oder vom Vorliegen mehrerer Ressourcen ausgehen. KAHNEMAN (1973) als Vertreter der Theorie einer zentralen Ressource verwendet den Begriff „Ressource“, um damit eine unspezifische mentale Energie zu bezeichnen, die zur Bewältigung von Aufgaben notwendig und deren verfügbare Menge begrenzt ist. Determiniert wird die zur Verfügung stehende Menge vom Ausmaß der Erregung: Je

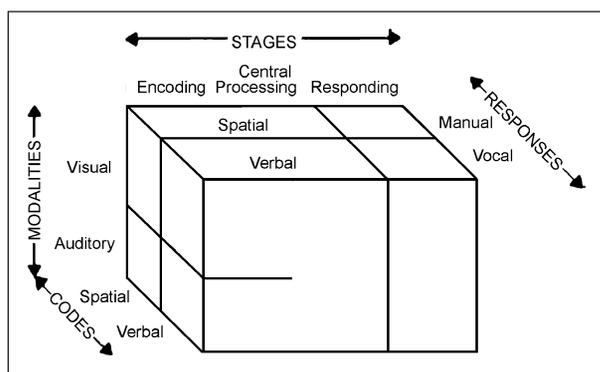


Bild 21: Die mehrdimensionale Struktur der Verarbeitungsressourcen (aus: WICKENS, 1984)

höher die Erregung, desto mehr Energie wird bereitgestellt. Steigen die Anforderungen durch die Aufgabe über ein bestimmtes Maß, kann der höhere Ressourcenbedarf nicht mehr durch eine Erhöhung der Erregung kompensiert werden. Die Folge ist eine Überbeanspruchung des Individuums (engl.: overload), was ein Absinken der Leistung in der Aufgabe zur Folge hat. Über diese Modellvorstellung können Interferenzen zwischen parallel ausgeführten Tätigkeiten, die nur wenig miteinander zu tun haben, gut erklärt werden. Beide Tätigkeiten beanspruchen die begrenzt zur Verfügung stehende Menge an Ressourcen. Wird diese Menge überschritten, leidet die Ausführung der Aufgaben darunter.

Eine Reihe von empirischen Befunden, die mit dem Vorhandensein von nur einer unspezifischen Ressource nicht in Einklang zu bringen sind, führte zur Entwicklung von Modellen multipler Ressourcen. In der angewandten Psychologie dominiert heute das Modell von WICKENS (WICKENS, 1984; WICKENS & McCARLEY, 2008) – vgl. Bild 21. Er postuliert drei verschiedene dichotome Dimensionen von spezifischen Ressourcen:

1. Stufe der Verarbeitung (Wahrnehmungs- und zentrale Prozesse vs. Auswahl und Ausführung von Reaktionen),
2. Wahrnehmungsmodalität (auditorisch vs. visuell) und
3. Verarbeitungscode (räumlich vs. verbal).

Er geht davon aus, dass Modalitäten der Reaktion (manuell vs. vokal) stark an die Verarbeitungscode gekoppelt sind: Manuelle Reaktionen werden eher räumlich verarbeitet, vokale Reaktionen eher verbal. Je deutlicher zwei Aufgaben sich hinsichtlich dieser Dimensionen unterscheiden, desto

weniger Interferenzen sind nach diesem Modell zu erwarten.

2.3.4 Vergleich der Konzepte

Das Belastungs-/Beanspruchungskonzept wird vorrangig im deutschsprachigen Raum verwendet. Es beschäftigt sich vor allem mit Tätigkeiten mit hohem motorischem Anteil, wie sie in der industriellen Fertigung vorkommen. Die Darstellung der Belastungsstrukturen orientiert sich an der Handlungstheorie nach HACKER (1986). Unterstellt wird, dass die Belastung losgelöst von der ausführenden Person und deren Eigenschaften bestimmt werden kann. Die in der Definition vorgenommene Trennung der Konstrukte „Belastung“ und „Beanspruchung“ legt inhaltlich eine Unterscheidung in aufgabenabhängige und personenabhängige Faktoren nahe. Belastungen sind die messbaren Einflüsse von außen, die objektiven Merkmale also, deren Umsetzung vom Organismus unter dem Begriff der Beanspruchung subsummiert wird und somit subjektive Merkmale bezeichnet.

Im Belastungs-/Beanspruchungskonzept wird somit eindeutig getrennt zwischen

- aufgabenabhängiger Belastung bzw. Anforderung (je nach methodischem Zugang),
- personenabhängiger Beanspruchung sowie
- Indikatoren der Beanspruchung (sog. Beanspruchungsfolgen).

Im sog. „Workload-Konzept“ ist der Operator nicht nur Bediener einer Maschine, sondern eingebunden in ein komplexes Mensch-Maschine-System. Dieses Konzept, das auf Modellen der Informationsverarbeitung beruht, legt ein Prozessmodell von äußeren Anforderungen und Verarbeitungsmechanismen nahe.

2.3.5 Messung von Beanspruchung und Workload

Entsprechend den unterschiedlichen Anwendungsfeldern des Beanspruchungskonzepts werden heterogene Messansätze verfolgt. Prinzipiell gilt, dass Beanspruchung auf drei Datenebenen erfassbar ist: der Verhaltensebene zur Leistungserfassung in Primär- und/oder Sekundäraufgaben, der psychophysiologische Ebene sowie der Erlebensebene, die über subjektive Berichte einer Person zugänglich ist (siehe Bild 22).

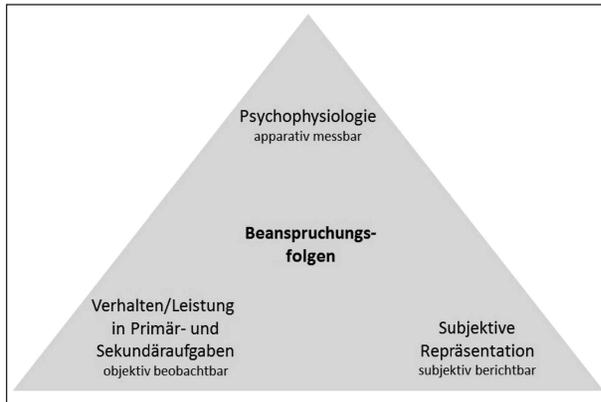


Bild 22: Drei Messansätze zur Erfassung von Beanspruchungsfolgen

Zur Beschreibung von Gütekriterien bei der Bewertung der Beanspruchungsmessung sei auf den Überblicksartikel von O'DONNELL und EGGE-MEIER (1986) verwiesen.

Leistungsmaße

Bei der Erfassung der Beanspruchung über Leistungsmaße wird in der Regel aus einem Aspekt der Handlung ein Index abgeleitet, der die Quantifizierung der Beanspruchung erlaubt.

Üblicherweise werden Aspekte der Aufgabenausführung betrachtet, wie die Häufigkeit von Fehlern, Geschwindigkeit einer Handlungsausführung oder Reaktionszeiten. Erfasst werden können:

- Leistungsmaße in der Primäraufgabe,
- Leistungsmaße in einer Sekundäraufgabe.

Primäraufgabe: Fahrzeugführung

Bei der Erfassung der Leistung in der Primäraufgabe wird die Aufgabe betrachtet, von der die Beanspruchung ausgeht, die man erfassen möchte. Im Fahrkontext ist dies die Fahraufgabe. Hintergrund ist die Annahme über den monotonen Zusammenhang zwischen Ressourcen, die zur Aufgabenbearbeitung notwendig sind, und der gezeigten Leistung. Je größer die Anforderungen durch die Aufgabe werden, desto mehr Ressourcen werden benötigt, was zu einer Veränderung der Leistung führen sollte. Das Leistungsniveau einer Person bildet somit direkt das Ergebnis ihrer Anstrengungen ab. Leistungsmaße der Primäraufgabe werden daher sehr häufig verwendet.

Die Erfassung von Leistungsmaßen im Fahrzeug macht eine aufwändige messtechnische Ausstat-

tung erforderlich. Ebenso sind die Aufbereitung und Auswertung der Daten zumeist mit einigem Aufwand verbunden.

Als Leistungsmaße im Fahrzeug werden im Pkw u. a. folgende eingesetzt:

- Das Geschwindigkeitsverhalten, d. h. mittlere Geschwindigkeit, Standardabweichung der Geschwindigkeit, maximale Geschwindigkeit etc. bspw. durch Erfassung der Gaspedalstellung oder Raddrehzahlen.
- Der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug, wobei aus der Differenzgeschwindigkeit der beiden Fahrzeuge und deren Abstand die Zeit bis zur Kollision (Time to Collision, TTC) errechnet werden kann. Um zu berücksichtigen, dass der eingehaltene Abstand von der Geschwindigkeit abhängig ist, wird zur Beschreibung des Abstandsverhaltens auch auf den Sekundenabstand (Time Headway, THW = Abstand/Geschwindigkeit) zurückgegriffen.
- Die Standardabweichung der lateralen Position (Querabweichung). Damit wird erfasst, wie gering die Schwankungen des Fahrers innerhalb der Fahrspur ausfallen. Je höher die Schwankungen, desto höher wird dieser Wert.
- Der eingehaltene Seitenabstand, Time to Line Crossing (TLC). Dazu wird kontinuierlich die Zeitdauer bis zum Überfahren der rechten oder linken Fahrbahnbegrenzung bei Ausbleiben korrigierender Lenkradbewegungen erfasst. Als Maße werden typischerweise Minimum, Median oder das 15. Perzentil herangezogen.
- Verschiedene Parameter des Lenkverhaltens, wie die Rate der Richtungsänderungen in der Lenkradbewegung (Steering Wheel Reversal Rate) oder die Standardabweichung der Lenkgeschwindigkeit. Wenden Fahrer ihre Aufmerksamkeit vorübergehend vom Lenken des Fahrzeugs ab, resultiert dies darin, dass das Lenkrad vorübergehend nicht bewegt wird (z. B. McDONALD & HOFFMANN, 1980, zitiert nach de WAARD, 1996). In der Folge kommt es zu Abweichungen von der Idealspur, was Korrekturbewegungen notwendig macht.

Für das Motorradfahren müssen solche Maße erst validiert bzw. neu entwickelt werden.

Aussagen über die Sensitivität von Leistungsmaßen in Primäraufgaben können nur unter Berück-

sichtigung des eingangs dargestellten Zusammenhangs zwischen Beanspruchung und Aufgabenleistung getroffen werden. Ein monotoner Zusammenhang zwischen der Beanspruchung und der Leistung ist dabei nur im mittleren Bereich der Fahrerbeanspruchung zu erwarten, während in den anderen Regionen über Leistungsmaße Variationen in der Beanspruchungshöhe nicht differenziert werden können. In den Extrembereichen der Beanspruchung können in der Regel keine sensitiven Aussagen getroffen werden. So hat der Operator im unteren Anforderungsbereich noch Ressourcen frei, die mobilisiert werden können, um bei steigender Beanspruchung die Leistung aufrechtzuerhalten. Solange noch eine Kompensation durch erhöhte Anstrengung möglich ist, sind somit auch keine Veränderungen in der Leistungsgüte zu erwarten. Entsprechend konnten HART und WICKENS (1990) einen Zusammenhang von subjektiven Beanspruchungsmaßen und Leistungsmaßen der Hauptaufgabe nur im mittleren Beanspruchungsbereich zeigen. Leistungsmaße in der Primäraufgabe sind daher nur mittelmäßig geeignet, verschiedene Beanspruchungshöhen zu unterscheiden. Es kann lediglich zwischen einer mittleren Beanspruchung und einem hohen bzw. niedrigen Beanspruchungsniveau getrennt werden.

Zusätzlich ist die Diagnostizität von Leistungsmaßen in Primäraufgaben als eher gering zu beurteilen. Eine Verschlechterung z. B. in der Spurhaltung kann nicht auf eine spezifische Form der Beanspruchung zurückgeführt werden. Zur Steigerung von Diagnostizität und Sensitivität wird von einigen Forschern die gleichzeitige Erfassung mehrerer Leistungsmaße propagiert (multivariater Forschungsansatz).

Sekundäraufgaben/Doppelaufgabenparadigmen

Neben der Erfassung von Leistungsmaßen in der Primäraufgabe kann auch eine Leistungsmessung in einer Sekundäraufgabe erfolgen, die parallel zur eigentlichen Hauptaufgabe (hier: Fahrzeugführung) eingeführt wird. Typischerweise werden als Sekundär- oder Nebenaufgaben die Reaktion auf visuell oder akustisch dargebotene Signale, das Lösen akustisch dargebotener Rechenaufgaben oder visuelle Entdeckungsaufgaben verlangt. Grundannahme ist, dass die Leistung in der Nebenaufgabe umso stärker unter dieser Doppelaufgabensituation leidet, je anspruchsvoller die Erfüllung der Primäraufgabe ist. Die Beanspruchungsmessung bezieht sich demnach darauf, inwieweit die Hauptaufgabe

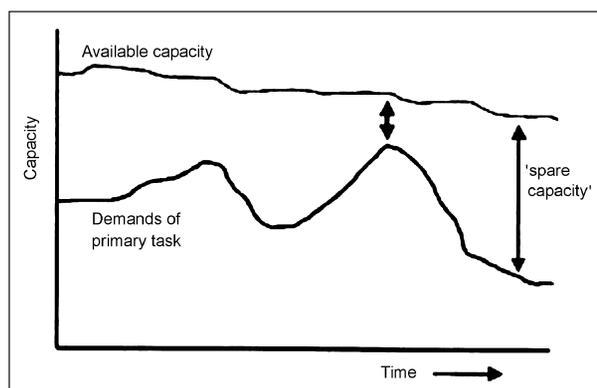


Bild 23: Schematische Darstellung zwischen Anforderungen durch die Primäraufgabe und der Restkapazität zur Bearbeitung einer Sekundäraufgabe (aus: FARMER & BROWNSON, 2003)

Kapazitäten frei lässt, die Sekundäraufgabe korrekt auszuführen: Je höher die Anforderungen durch die Primäraufgabe sind, desto mehr Ressourcen sollte diese in Anspruch nehmen und desto weniger Ressourcen sollten deshalb für die Bearbeitung der Sekundäraufgabe zur Verfügung stehen, wodurch die Leistung in der Sekundäraufgabe schlechter wird.

In Bild 23 ist dieser Zusammenhang zwischen der gesamten verfügbaren kognitiven Kapazität (available capacity), den Anforderungen seitens der Primäraufgabe (demands of primary task) und der verfügbaren freien kognitiven Kapazität (spare capacity) schematisch dargestellt. Es ist zu erwarten, dass insbesondere in aus den Anforderungen seitens der Primäraufgabe resultierenden Situationen mit hoher Fahrerbeanspruchung Einbußen in der Sekundäraufgabenleistung auftreten (in Bild 23 dargestellt über den linken senkrechten Doppelpfeil). Die Betrachtung von Veränderungen der Leistung in der Sekundäraufgabe kann dabei nur vor dem Hintergrund der Kenntnis der individuellen Leistung der Person bei alleiniger Ausführung der Sekundäraufgabe erfolgen (Baseline-Erhebung). Häufig verwendete Klassen von Sekundäraufgaben sind:

- Interval Production

Die Person wird aufgefordert, in bestimmten Zeitabständen eine Taste zu drücken. Mit zunehmender Beanspruchung wird die Variabilität der Intervalle zwischen dem Tastendrücken immer größer.

- Time Estimation

Die Person soll einschätzen, wie viel Zeit zwischen einem Start- und einem Endzeitpunkt ver-

gangen ist. Je höher die Beanspruchung, desto deutlicher werden die Zeiten unterschätzt (CASALI & WIERWILLE, 1983).

- Random Number Generation

Die Person wird aufgefordert, zufällige Zahlenfolgen zu produzieren. Mit zunehmender Beanspruchung tendiert sie dazu, feste Sequenzen wiederzugeben (z. B. 1, 2, 3). Die Abnahme in der Zufälligkeit kann mathematisch quantifiziert werden (z. B. ZEITLIN & FINKELMANN, 1975).

- Probe Reaction Time

Auf einen Stimulus, der unabhängig von der Primäraufgabe in periodischen Abständen dargeboten wird, muss reagiert werden. Die Reaktionszeiten auf den Stimulus lassen Rückschlüsse auf die Höhe der von der Primäraufgabe ausgehenden Beanspruchung zu.

Solche Aufgaben eignen sich dazu, generelle Aussagen über die Höhe der von der Primäraufgabe ausgehenden Beanspruchung zu machen. Andere Aufgaben liefern diagnostische Informationen über die Art der in Anspruch genommenen Ressourcen. Im Fahrkontext müssen insbesondere mentale und visuelle Anforderungen durch die Aufgabe unterschieden werden (nach WICKENS, 1980, 1984). Die visuelle Beanspruchung wird dabei beeinflusst von der Menge und der Komplexität der visuellen Informationen, die seitens des Fahrzeugführers zu verarbeiten sind. Die mentale Beanspruchung ist abhängig von der Art und Menge der Entscheidungen, die beim Fahren getroffen werden müssen. Im Bereich der empirischen Verkehrsforschung haben sich zur Differenzierung dieser Beanspruchungsarten beispielsweise folgende Arten von Sekundäraufgaben bewährt:

- Visuelle Entdeckungsaufgabe

Die Person wird aufgefordert, auf einen Stimulus, z. B. ein rotes Quadrat, das auf verschiedenen Positionen im Sichtfeld des Fahrers dargeboten wird, zu reagieren. Erfasst werden Reaktionszeiten und Fehlerquote. Diese Aufgabe erweist sich als besonders diagnostisch im Hinblick auf die von der Fahraufgabe ausgehende visuelle Beanspruchung (VERWEY, 2000).

- Akustische Additionsaufgabe

Die Person ist aufgefordert, zu einer akustisch dargebotenen Zahl immer eine bestimmte Zahl,

z. B. „12“, zu addieren. Erfasst werden Reaktionszeiten und Fehlerquoten. Diese Aufgabe erweist sich als besonders diagnostisch im Hinblick auf die von der Fahraufgabe ausgehende mentale Beanspruchung (VERWEY, 2000).

Bei gut operationalisierten Doppelaufgaben ist demnach eine hohe Diagnostizität zu erwarten, sofern klare theoretische Annahmen über mögliche Wirkungen der Primäraufgabe auf die Leistung in der Nebenaufgabe vorliegen. Ausgehend von der Theorie multipler Ressourcen (z. B. WICKENS, 1980, 1984), ist beispielsweise anzunehmen, dass Interferenzen zwischen Primär- und Sekundäraufgaben nur dann entstehen, wenn beide Aufgaben dieselben Ressourcen beanspruchen. Mit dem Einsatz von Nebenaufgaben kann eine relativ gute Sensitivität in Bereichen außerhalb von Über- oder Unterforderung erzielt werden, d. h., auch in Bereichen, in denen keine Einbußen in der Primäraufgabe beobachtet werden können, ermöglichen Sekundäraufgaben eine Differenzierung der Höhe der Beanspruchung.

Beim Einsatz von Doppelaufgabenparadigmen im Straßenverkehr ist jedoch zu beachten, dass diese ein Sicherheitsrisiko darstellen. Insgesamt gehen von dieser Art der Messung eine (teilweise) starke Beanspruchung für den Fahrer aus und damit einhergehend eine starke Beeinflussung im Sinne einer deutlichen Beeinträchtigung der zu untersuchenden Tätigkeit.

Ein weiteres Problem stellt die Akzeptanz solcher Doppelaufgabenparadigmen seitens der Probanden dar, die zum Teil eher gering ist. Im Bestreben, die Akzeptanz durch die Probanden zu erhöhen, sind insbesondere eingebettete Nebenaufgaben zu verwenden. Dazu werden Aufgaben herangezogen, die Bestandteil der zu untersuchenden Tätigkeit sind und deshalb als weniger künstlich empfunden werden.

De WAARD (1996) führt in diesem Zusammenhang das Verfolgen eines vorausfahrenden Fahrzeugs an. Als Maß für die Leistung in dieser eingebetteten Nebenaufgabe kann die Verzögerung bis zur Anpassung der Geschwindigkeit durch den Fahrer bei Geschwindigkeitsänderungen des vorausfahrenden Fahrzeugs herangezogen werden. Daneben können Häufigkeit und Dauer der Blicke in den Rückspiegel registriert werden. Diese Aufgaben haben sich als sensitiv erwiesen und zeichnen sich durch eine hohe Akzeptanz bei geringfügiger Beeinflussung der Hauptaufgabe aus.

Subjektive Maße

Kennzeichen subjektiver Verfahren ist, dass der Handelnde selbst zu seiner Einschätzung bezüglich Art und Höhe der Beanspruchung befragt wird. Zur Erfassung der Beanspruchungsfolgen für den Fahrer werden zumeist ein- oder mehrdimensionale Skalen eingesetzt.

Eindimensionale Skalen

Eine der bekanntesten eindimensionalen Skalen zur Beanspruchungsmessung ist die sog. Bartenwerfer-Skala (BARTENWERFER, 1969, zitiert nach de WAARD, 1996), eine durch Beispiele verankerte Standardskala. In diesem Verfahren markieren die Probanden zur Antwortabgabe einen Abschnitt auf einer Achse, die Referenzpunkte trägt, an denen Beispiele die Höhe der Beanspruchung verdeutlichen (z. B. „Ich lese Zeitung“, „Ich versuche, eine viel befahrene Straße zu überqueren“). Gemessen wird die Länge des markierten Abschnitts ausgehend vom Ursprung der Skala.

Als weiteres bekanntes eindimensionales Verfahren zur Beanspruchungsmessung ist die Rating Scale Mental Effort (RSME; ZIJLSTRA, 1993, zitiert nach de WAARD, 1996) zu nennen. Bei dieser Skala wird eine Achse vorgegeben, deren Gesamtlänge in Abständen von jeweils 10 mm markiert ist und die ebenfalls Referenzpunkte („fast keine Anstrengung“, „extreme Anstrengung“) trägt. Gemessen wird auch hier der Abstand der vom Urteiler gesetzten Markierung zum Ursprung der Achse. De WAARD (1996) gelang es mit diesem Verfahren einen Einfluss der Komplexität der Fahraufgabe nachzuweisen.

BRATFISCH (1972, zitiert nach O'DONNELL & EGGEMEIER, 1986) lässt direkt die wahrgenommene Schwierigkeit anhand einer neunfach unterteilten Skala mit verbal bezeichneten Kategorien beurteilen.

Mehrdimensionale Skalen

Multidimensionale Skalen sind, wie der Name schon sagt, demgegenüber komplexer hinsichtlich des zugrunde liegenden Beanspruchungskonzepts. Regelmäßig findet man eine Gliederung der Belastungsarten in drei oder mehr Bereiche. Die Analyse der Literatur ergab eine hohe Übereinstimmung darüber, dass prinzipiell getrennt werden muss in

- kognitiv-mentale,
- energetische und
- emotionale

Belastungen. Mit diesen drei Belastungsarten sind Großgruppen angesprochen, die sich in unterschiedlicher Weise in der jeweiligen Tätigkeit realisieren können.

Ein mehrdimensionales Verfahren, das sich in vielen Untersuchungen bewährt hat und vor allem im Bereich der Luftfahrt zum Einsatz kommt, ist die SWAT (Subjective Workload Assessment Technique; REID, SHINGLEDECKER et al., 1981; REID & NYGREN, 1988). Dieses Verfahren besteht aus drei übergreifenden Dimensionen „Time Load“, „Mental Effort Load“ und „Psychological Stress Load“, die ihrerseits dreifach in der Intensität abgestuft und verbal beschrieben sind. Die Messung erfolgt in zwei aufeinanderfolgenden Schritten: Zunächst wird über vollständige Paarvergleiche eine Rangreihe aller möglichen Kombinationen der Merkmalsausprägungen in den drei Dimensionen erhoben. Anschließend wird die relevante Tätigkeit bezüglich der Ausprägung auf den drei Dimensionen beurteilt. Diesem Profil kann dann über die zuvor erstellte Rangreihe ein Scorewert zugeordnet werden. Einer hohen Reliabilität und Sensitivität des Verfahrens stehen jedoch der große zeitliche Aufwand für die Durchführung der 27 Paarvergleiche sowie ein geringe Diagnostizität gegenüber (EGGEMEIER et al., 1982, zitiert nach O'DONNELL & EGGEMEIER, 1986).

Sechs Skalen zur Beanspruchungsmessung umfasst der NASA-TLX (NASA Task Load Index; HART & STAVELAND, 1988). Auch bei diesem Verfahren erfolgt die Messung in zwei Schritten, wobei zunächst auf einer bipolaren 21-Punkte-Skala (niedrig vs. hoch) von der Person beurteilt wird, wie sehr die relevante Aufgabe durch die einzelnen Dimensionen gekennzeichnet ist. Zusätzlich wird in einem Paarvergleich die relative Wichtigkeit jeder der Dimensionen spezifiziert. Der Gesamtscore errechnet sich schließlich aus der beurteilten Ausprägung auf den sechs Dimensionen, gewichtet an deren relativer Bedeutung für den Arbeitsplatz, ermittelt im Paarvergleich. Eine Kurzform des Verfahrens (NASA-RTLX) kommt ohne diesen Paarvergleich aus und hat dabei eine ähnliche Vorhersagegüte (MORONEY, BIERS et al., 1995).

Für gewöhnlich gilt die subjektive Messung in Bereichen außerhalb von Überforderungen einer Person als sensitiv und valide. Als problematisch hingegen erweist sich der Mangel an Diagnostizität, d. h., die Verfahren sind eher geeignet, eine globale Aussage über die Höhe der Beanspruchung zu treffen als zwischen Ressourcenarten zu differenzieren.

Solange die Urteilsskalen nach Beendigung der zu untersuchenden Tätigkeit vorgelegt werden, sind keine Interferenzen mit dieser Aufgabe zu erwarten. Der zeitliche Abstand zwischen Abschluss der Aufgabe und Beurteilung sollte dabei möglichst kurz sein. Verläufe über längere Abschnitte der Aufgabenausführung, z. B. über eine gesamte Autofahrt, sind nur bedingt zu erfassen. Zum einen läuft man bei sehr kurzem zeitlichem Abstand zwischen den Beurteilungen Gefahr, den Urteiler zu verärgern, zum anderen überfordert man dessen Differenzierungsfähigkeit. Verläufe lassen sich zudem nur während der Ausführung der Tätigkeit erfassen und bringen damit das Problem der Interferenz mit sich. Ein Verfahren, das diese Problematik der Interferenz zwischen Handlungsausführung und -bewertung umgeht, ist das sog. Video-Verlaufsrating (SCHUMACHER, 2001). Mit Hilfe eines Schiebereglers wird hierbei eine per Video aufgezeichnete Messfahrt im Nachhinein hinsichtlich ihrer Beanspruchung kontinuierlich beurteilt.

Der Hauptvorteil der subjektiven Maße liegt eindeutig in den geringen Anforderungen an eine spezifische Ausstattung, sind zur Anwendung doch zu meist nur Papier und Stift notwendig. Die Verwendung von computerunterstützten Datenerhebungsverfahren (z. B. Palmer, Laptop) geht zwar mit einem höheren technischen Aufwand einher, jedoch wird dieser aufgrund der gleichzeitigen Datenaufzeichnung zum Teil wieder aufgewogen, da im Nachhinein keine Dateneingabe durch eine dritte Person notwendig ist.

Zentrale Bedeutung beim Einsatz subjektiver Verfahren kommt der Vermittlung der zu beurteilenden Inhalte bzw. Objekte zu. Es gilt sicherzustellen, dass der Urteiler verstanden hat, was genau auf welche Art beurteilt werden soll. Eine sorgfältige Instruktion kann zusammen mit einer Übungsphase helfen, Missverständnisse zu vermeiden. Es gilt auszuschließen, dass der Urteiler seine Beurteilung aufgrund von vergleichenden Überlegungen korrigiert, wie z. B. dass die Beanspruchung in einer Situation aufgrund theoretischer Überlegungen höher

bzw. niedriger sein müsste als in einer anderen Situation. Ist der Zweck der Messung für den Probanden einsichtig und ist deren Validität für ihn augenscheinlich, wird eine hohe Akzeptanz erreicht: Zeigt die Anwendung subjektiver Maße dem Urteiler doch, dass er als Experte für seine Tätigkeit einbezogen wird.

Zusammenfassend ergibt sich für eine Bewertung subjektiver Maße somit, „dass Ratingskalen, mit denen eine vom Operateur erlebte Beanspruchung ermittelt wird, sich durch viele Vorteile und relativ wenige Nachteile im Vergleich zu anderen Beanspruchungsmessmethoden“ auszeichnen (PFENDLER & PITRELLA 1995, S. 1).

Physiologische Maße

Zur Quantifizierung der Beanspruchung können schließlich auch die physiologischen Reaktionen der Person während der Ausführung der Handlung herangezogen werden. Diese stellen nach O'DONNELL und EGGEMEIER (1986) ein sensitives Maß für Beanspruchung dar. Gemessen werden Parameter des zentralen oder peripheren Nervensystems, wie z. B. Puls, Muskelspannung oder Hautleitfähigkeit einer Person. Psychophysiologische Maße wollen über die Erfassung von Aktivierung bzw. Arousal Aussagen über den Effort treffen, der als wesentliche Determinante von Beanspruchung betrachtet und quantifiziert wird (vgl. SANDERS 1983). Im Kontext der Beanspruchungsmessung über den mentalen Workload ist vor allem die Herzrate als Parameter der kardiovaskulären Aktivität von Bedeutung. Dabei wird zunächst über eine Brustwandableitung das sog. Interbeat-Intervall (IBI) berechnet, bei dem es sich um die Zeitdauer zwischen zwei aufeinanderfolgenden Herzschlägen handelt. Aus dieser Information kann bspw. die Herzrate ($HR = 60.000/IBI$; IBI in Millisekunden) oder auch die Variabilität der Herzrate (HRV) berechnet werden. Eine Zunahme des mentalen Workload geht dabei im Allgemeinen mit einer Zunahme der Herzrate und einer verringerten Herzratenvariabilität einher (de WAARD, 1996).

Anforderungsanalyse

Unter den Verfahren zur Beschreibung von Anforderungen hat sich für Tätigkeiten im technischen Umfeld die Taxonomie nach FLEISHMAN (1975) besonders bewährt, zu der inzwischen auch ein eigenes, deutschsprachiges Testsystem vorliegt

(F-JAS, FLEISHMAN – Jobanalyse-System für eigenschaftsbezogene Anforderungsanalysen, KLEINMANN, MANZEY et al., 2010).

Dabei werden im F-JAS fünf Bereiche mit insgesamt 73 Skalen unterschieden:

- Kognition,
- Psychomotorik,
- physische Merkmale,
- Sensorik/Wahrnehmung,
- interaktive/soziale Fähigkeiten und
- Wissen/Fertigkeiten.

Das Verfahren hat aufgrund der Vielzahl von Anforderungen, die abgedeckt sind, einen sehr breiten Einsatzbereich. Es hat sich für eher einfache Tätigkeiten im gewerblichen Bereich, aber besonders für komplexe Tätigkeiten im fliegerischen Bereich als zweckdienlich erwiesen.

2.3.6 Müdigkeit im Verkehrskontext

Begriffsbestimmung

In der gängigen Literatur (z. B. HARGUTT & KRÜGER, 2009) wird Müdigkeit als ein Zustand des Fahrers definiert. Ein Fahrerszustand ist dabei ein relativ kurzfristiges Phänomen, das unabhängig von zeitlich überdauernden Persönlichkeitseigenschaften des Fahrers ist. Dieser wird auch nicht durch die Übung und das Training zur Fahrfähigkeit

beeinflusst. Der Fahrerszustand wird als die aktuelle physische und psychische Voraussetzung, ein Fahrzeug zu führen, definiert.

Bei Sichtung der Literatur fällt auf, dass die Definitionen von Müdigkeit sehr heterogen sind (vgl. HARGUTT, KÖRNER et al., 2007; HORBERRY, HUTCHINS et al., 2008). Jedoch ist allen Autoren gemein, dass als Ursache für die Müdigkeit eine Art Arbeit oder Beanspruchung anliegt, die zu einer Reduzierung von Reserven oder Kräften bzw. einer Erschöpfung führt.

Bild 24 (vgl. HARGUTT & KRÜGER, 2009) zeigt die Faktoren, die für die Entstehung von Müdigkeit relevant sind.

Beanspruchung entsteht durch die Bearbeitung einer Aufgabe. Diese Aufgabe hat eine bestimmte Schwierigkeit und wird stets unter objektiv beschreibbaren Umgebungsbedingungen ausgeführt (z. B. Reibbeiwert, Lärm u. a.). Das Zusammenwirken von Aufgaben- und Situationsmerkmalen wird als Belastung (Stress) bezeichnet (vgl. Kapitel 2.3 „Konzepte der Belastungs-/Beanspruchungsmessung“). Fähigkeiten oder auch konstitutionelle Faktoren des Fahrers (Personenmerkmale) bestimmen nun, wie stark diese Belastung zur Beanspruchung (Strain) wird, die nun wiederum über die Zeit (Time on Task) zu Ermüdung führt. CAMERON (1973) beschreibt zwischen den Parametern Zeit und Beanspruchung eine additive, u. U. multiplikative Wechselbeziehung: Eine hohe Beanspruchung führt nach relativ kurzer Zeit zu Ermüdung, eine niedrige erst nach einem entsprechend langen Zeitraum.

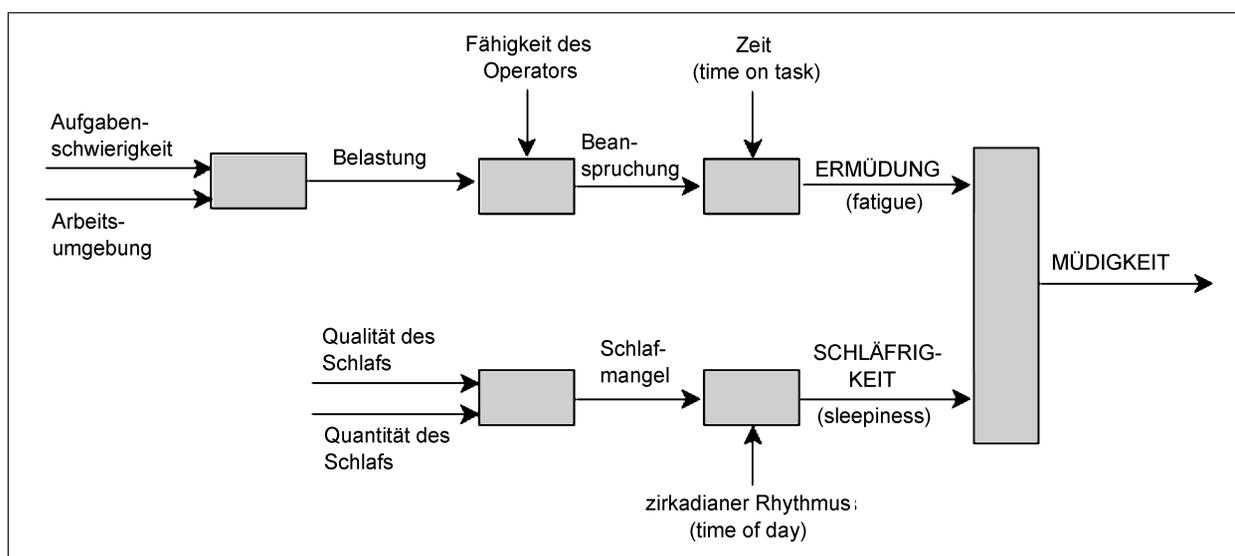


Bild 24: Darstellung der wichtigsten Entstehungsfaktoren für die beiden Müdigkeitskomponenten Ermüdung und Schläfrigkeit (nach HARGUTT & KRÜGER, 2009)

Müdigkeit macht sich subjektiv durch ein Unlustgefühl bemerkbar oder dem Widerwillen, der Beanspruchung auch weiterhin ausgesetzt zu sein. Leistungsabnahmen aufgrund sich erschöpfender Ressourcen sind symptomatisch für den Zustand der Müdigkeit.

Bemerkt der Operator Leistungseinbußen während der Ausübung seiner Tätigkeit, können diese teilweise und über eine gewisse Zeitstrecke hinweg durch erhöhte Anstrengung (Effort) ausgeglichen werden. Diese Anstrengung kostet Energie. In Theorien zur Regulation von Anstrengung bei Dauertätigkeiten (SANDERS, 1983; HOCKEY, 1997) wird davon ausgegangen, dass die zur Verfügung stehende Kapazität begrenzt ist. Eine langfristige Verbesserung nach ermüdungsbedingter Leistungsabnahme ist ausschließlich durch Erholung zu erreichen. Tätigkeitswechsel, wie sie beim Problem der Unterforderung durch eine Tätigkeit empfohlen werden, bleiben hier wirkungslos.

HARGUTT und KRÜGER (2009) unterscheiden von dieser beanspruchungsbedingten Ermüdung eine weitere Quelle der Müdigkeit. Sie wird als Schläfrigkeit bezeichnet und entsteht aus den eher als endogen zu sehenden Faktoren

1. zirkadianer Rhythmus (Time of Day) und
2. Schlafentzug.

Für die Beschreibung der Beanspruchung beim Motorradfahren ist dieser Zweig jedoch zunächst von untergeordneter Bedeutung und wird nachfolgend nicht näher betrachtet.

Müdigkeit beim Motorradfahren

HORBERRY, HUTCHINS et al. (2008) legten im Auftrag des Department for Transport, Transport Research Laboratory (TRL) ein ausführliches Literaturreview zum Thema „Motorradfahren und Ermüdung“ vor.

Aus verschiedenen Gründen, so berichten die Autoren, ist es schwierig, allgemeine Erkenntnisse zum Thema Motorradfahren und Müdigkeit darzustellen:

- Ähnlich wie für das Thema Belastung/Beanspruchung finden die Autoren einen Mangel an Literatur, in der das Thema in Bezug auf das Motorradfahren abgehandelt wird. Es wurden lediglich 3 Studien gefunden, die das Thema „Rider Fatigue“ im zentralen Fokus behandeln

(MA et al., 2003; GILLEN, 1998; TRAVERS & JENNINGS, 1980, alle zit. nach HORBERRY, HUTCHINS et al., 2008).

- Begriffe wie „fatigue“, „sleepiness“ und andere im thematischen Zusammenhang werden nicht eindeutig definiert. Da es sich aber um unterschiedliche Konzepte handelt, sind die Auswirkungen auf die fahrerische Leistung ebenso unterschiedlich. Durch den Mangel an Abgrenzung in der Literatur sind die Ergebnisse nicht miteinander vergleichbar.
- In der Literatur finden die Autoren eine Tendenz hin zu Befragungen und Fahrerberichten. Direkte Leistungsmessungen bzw. Messung der Auswirkung von Müdigkeit auf die Fahraufgabe findet man kaum.

Mit den berichteten Einschränkungen arbeiten HORBERRY und sein Team folgende Tendenzen heraus:

- Manche Ursachen und Effekte der Müdigkeit beim Motorradfahren sind denen beim Autofahren gemein. Allerdings unterscheiden sich die Fahraufgaben Motorrad- bzw. Autofahren derart, dass dringend empfohlen wird, sich der Müdigkeit beim Motorradfahren in spezieller Weise zu widmen. Dass sich der Motorradfahrer in einer deutlich weniger geschützten Umgebung bewegt, spricht ebenso dafür.
- In Befragungsstudien berichten die Motorradfahrer folgende Gründe für Ermüdung: ungenügende Pausen, lange Fahrtzeiten, monotone Straßen. In anderen Quellen werden Hitze, Kälte, Vibration und Lärm, Haltung und das Fahren in der Nacht als weitere Ursachen genannt, die besonders beim Motorradfahren Ermüdung begünstigen.
- In der Literatur finden die Autoren viele Ergebnisse zu Kompensationsstrategien beim Autofahren. Die Untersuchung der Übertragbarkeit auf das Motorradfahren steht noch aus.
- Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Minimierung von Ermüdung beim Motorradfahren gleichzustellen ist mit der Minimierung von physischen und mentalen Anforderungen. Darüber hinaus ist es wichtig, bestimmte technische Gegebenheiten sicherzustellen: Windschutz am Motorrad, korrekte Einstellung des Rads auf den Fahrer und die Verwendung eines Gehörschutzes. Aber auch die wissen-

schaftliche Untermauerung dieser Befunde steht noch aus.

- Ergebnisse aus der Unfallstatistik zeigen,
 - dass Ermüdung bei Motorradunfällen nur eine kleine Rolle spielt und
 - dass diese geringe Datenbasis dazu führt, dass auch nur ungenügend Aussagen zu den Faktoren gemacht werden können, die im weiteren Zusammenhang mit den Ermüdungsunfällen stehen (z. B. Time of Day etc.).

Insgesamt kommen die Autoren in ihrem Review zu dem Schluss, dass nur unzureichende wissenschaftliche Informationen zum Thema vorliegen. Es werden die Wissenslücken dargelegt, zu denen weitere Forschung stattfinden sollte.

TRAVERS und JENNINGS (1980) führten eine Studie zur Vigilanz bei Motorradfahrern durch. Sie untersuchen die Frage, ab welchem Stadium „Rider fatigue“ Reaktionszeit und schnelles Entscheiden beeinflusst. „Dies sind grundlegende Fragen, welche beantwortet werden müssen. Von daher ist es überraschend, dass auf diesem Feld praktisch keine Arbeit geleistet wurde“ (übersetzt nach TRAVERS & JENNINGS (1980), S. 21).

Gewählt wurde folgender Versuchsablauf:

- Anfahrt mit Motorrad,
- Befragung und Durchführung eines Choice-Reaktion-Tests,
- Fahren einer standardisierten Route mit Puls-messung,
- Wiederholung des Vorgehens am nächsten Morgen.
- Die Kontrollgruppe bearbeitet den Reaktionszeittest unter gleichen zeitlichen Bedingungen, die Motorradfahrten entfallen in dieser Bedingung.

Der Simple-Reaktion-Test ergab, dass die Reaktionszeiten nach der Motorradfahrt signifikant länger waren als vor der Fahrt (0,071 s, ergibt bei 100 km/h 2 m). Im Choice-Reaktion-Test waren die Reaktionszeiten nach der Motorradfahrt signifikant länger als vor der Fahrt (0,098 s, ergibt bei 100 km/h 2,7 m). Die Fehlerzahl war nach der Fahrt ebenso höher.

Darüber hinaus zeigt sich eine Korrelation von .638 zwischen der Länge der Fahrt und der Verlangsa-

mung der Reaktionszeit. Je länger der Fahrer unterwegs ist, desto langsamer seine Reaktion. Die Fahrer waren sich weder ihrer Müdigkeit noch ihrer Leistungseinbußen bewusst. Dies deckt sich mit den Ergebnissen, die auch für Autofahrer in vielfältiger Weise vorliegen (z. B. HARGUTT, 2001). Ein Literaturüberblick in tabellarischer Form ist im Anhang unter Punkt 9.7 zu finden.

2.3.7 Belastung/Beanspruchung in Sport- und Arbeitsmedizin

Die Ergebnisse der eigenen Fragebogenstudie (vgl. Kapitel 2.2) haben gezeigt, dass beim Motorradfahren der Aspekt der körperlichen Belastung eine große Rolle spielt. Wie die vorangegangene Darstellung zeigt, wurde das Belastungs-/Beanspruchungskonzept vorwiegend zur Tätigkeitsbeschreibung im Ingenieursumfeld herangezogen, das Workload-Konzept hat seinen Ursprung in der Beschreibung von Tätigkeiten mit einem hohen mentalen Anteil. Ein Forschungsfeld, das sich mit stark körperlich beanspruchenden Tätigkeiten beschäftigt, ist die Sport- bzw. Arbeitsmedizin. Aus den freien Antworten in der Befragung geht hervor, dass vor allem Erkenntnisse zur Belastungs-/Beanspruchungsmessung bei Ausdauersportarten für das Motorradfahren nützlich sein können.

Einen einflussreichen Beitrag zur Beurteilung der Anstrengung legte BORG (1982) vor. In seinem Artikel präsentiert und diskutiert er verschiedene Methoden zum Rating wahrgenommener Anstrengung beim Ausüben einer Tätigkeit. Seiner Ansicht nach sind Ratingskalen zur wahrgenommenen Anstrengung einer Tätigkeit unabdingbare Ergänzungen zu Verhaltensmaßen und physiologischen Messungen. Sie unterstützen sowohl die theoretische Analyse als auch die Entwicklung möglicher Anwendungen in Medizin, Human Factors und Sport. Er geht sogar so weit, die wahrgenommene Anstrengung als besten Indikator für physikalische Beanspruchung darzustellen, da sie alle Signale von Muskeln, Gelenken, zentral kardiovaskulärem System, den respiratorischen Funktionen und dem zentralnervösen System in eine Empfindung integriert. In der Regel werden Verhältnisskalen (die bekannteste ist die sog. „Magnitude Estimation Scale“) oder Kategorien-Skalen herangezogen. In seinem Beitrag geht er darauf ein, dass Verhältnisskalen dann valide sind, wenn allgemein wahrgenommene Variationen der Anstrengung einer Tätigkeit beschrieben werden sollen. Sollen jedoch Unterschie-

Table 1. The 15-grade scale for ratings of perceived exertion, the RPE Scale

6	
7	Very, very light
8	
9	Very light
10	
11	Fairly light
12	
13	Somewhat hard
14	
15	Hard
16	
17	Very hard
18	
19	Very, very hard
20	

Bild 25: RPE-Skala nach BORG (1982, S. 378)

de zwischen verschiedenen Personen dargelegt werden, haben sich sog. Kategorien-Skalen bewährt. In früheren Studien zeigte BORG bereits, dass die wahrgenommene Anstrengung hohe Korrelation zur Herzratenmessung aufweist.

Für das Rating der wahrgenommenen Beanspruchung schlägt BORG eine 15-stufige Skala vor (vgl. Bild 25). Die Kategorienunterteilung hilft dem Probanden, eine genaue Einschätzung vorzunehmen.

Beispielsweise ist dem Beurteiler die Zahl 13 weniger konkret als ihre verbale Bedeutung „ein bisschen anstrengend“. In seinen Untersuchungen ging die Beurteilung der Fahrradergometeraufgabe mit 13 auf der RPE-Skala mit einer Herzrate von 130 bpm einher (Personen zwischen 30 und 50 Jahren). Der Autor weist jedoch darauf hin, dass die Herzrate zusätzlich beeinflusst wird von Alter, Art der Aufgabe, Umfeld, Angst und vielen anderen Faktoren. Die Zahl 130 bpm sollte deswegen nicht allzu wörtlich genommen werden. Der generelle Zusammenhang mittlerer Anstrengung mit mittlerer Beurteilung ist jedoch bestätigt.

Die RPE-Skala nach BORG ist bis in die heutige Forschung sehr beliebt und kann inzwischen als ausreichend wissenschaftlich abgesichert gelten.

Neben der generellen Beurteilung von Anstrengung während einer Tätigkeit beschäftigen sich einige Forschergruppen mit dem Thema der Aufmerksamkeitsallokation während einer Ausdauerleistung (vgl. z. B. RUSSELL & WEEKS, 1994; TAMMEN, 1996; HUTCHINSON & TENENBAUM, 2007; TENENBAUM & CONNOLLY, 2008).

Je nach Studie wird anhand verschiedener Ausdauersportarten (Laufen, Fahrradfahren, Handgrip

Task oder Rudern) untersucht, inwieweit die Aufmerksamkeitsallokation eine Funktion wahrgenommener Anstrengung ist.

Gemessen werden in der Regel Herzrate, Aufmerksamkeitsallokation und wahrgenommene Anstrengung. Darüber hinaus werden die Kommentare der Probanden notiert.

Die Aufmerksamkeitsallokation lassen TENENBAUM und CONNOLLY (2008) anhand einer 10-Punkte-Skala von 0 (external thoughts, daydreaming, environment) bis 10 (internal thoughts, how body feels, breathing, technique) beurteilen. Die Skala soll das Kontinuum von Gedanken-Dissoziation bei 0 zu -Assoziation bei 10 darstellen. Angelehnt ist das Vorgehen an TAMMEN (1996). TAMMEN zeigte, dass die sog. „One Question Scale“ eine effiziente und valide Messung von Aufmerksamkeitsstrategien bei Läufern ist.

Andere Forschergruppen verwenden ebenfalls „One Question Scales“, fragen aber direkt, wie viel Zeit der Sportler assoziierend bzw. dissoziierend verbracht hat. Es wurde gezeigt, dass sich die beiden Aufmerksamkeitsstrategien während des Laufens entlang eines Kontinuums veränderten. Auch hier erwies sich die „One Question Scale“ als effizient und valide (BADEN et al., 2005).

MASTERS & OGLES (1998) diskutieren, dass die One-item-Methode zwar während der Ausführung der Aufgabe eine gute Methode ist, insgesamt aber multiple Methoden effizienter seien.

Alle zitierten Studien kommen zum selben Ergebnis: Die Aufmerksamkeitsallokation verändert sich mit steigendem Workload allmählich von dissoziativ zu assoziativ. Auch die wahrgenommene Erschöpfung sowie die Herzrate steigen. Die Analyse der freien Kommentare bestätigt diese Ergebnisse. Erfahrung und Geschlecht hatten keinen Einfluss auf die Aufmerksamkeitsallokation.

Da die Probanden der Befragungsstudie immer wieder darauf hingewiesen haben, dass die starre Sitzposition beim Motorradfahren besonders anstrengend sei, wurden hier die Ergebnisse der Forschungsgruppe um Di Domenico mit aufgenommen (Di DOMENICO & NUSSBAUM, 2005; Di DOMENICO & NUSSBAUM, 2008). Die Autoren beschäftigen sich mit der Untersuchung von gegenseitiger Beeinflussung von Haltungs- bzw. Gewichttheaufgaben und mentalen Anforderungen. Erhoben wurden subjektive Ratings (Borg CR

Scale und NASA-TLX) zur wahrgenommenen Anstrengung und Haltungsverstabilität bzw. Variation der Schwierigkeit beim Gewichtheben. Während die Haltungsaufgabe die mentale Leistung nicht beeinflusste, nimmt die Leistung in der mentalen Aufgabe mit zunehmender Schwierigkeit beim Gewichtheben ab.

Einen interessanten Befund liefern BADEN, McLEAN et al. (2005). In ihrer Untersuchung zeigt sich, dass die wahrgenommene Anstrengung ein psychologisches Konstrukt ist. Trotz gleicher Dauer und Schwere der Übung beeinflusst das Wissen um die Dauer das subjektive Rating der Anstrengung und geht mit Veränderungen im Aufmerksamkeitsfokus einher.

Die Autoren variieren drei Untersuchungsbedingungen:

- Proband erfährt, er läuft 20 Minuten.
- Proband erfährt, er läuft 10 Minuten, nach diesen 10 Minuten wird mit weiteren 10 Minuten auf 20 Minuten erhöht.
- Proband erfährt nicht, wie lange er laufen muss, und läuft 20 Minuten.

In der 10-Minuten-Bedingung ist der Anstieg der wahrgenommenen Anstrengung zur 11. Laufminute signifikant höher als in den anderen Bedingungen. Physiologisch konnte dieser Effekt nicht gezeigt werden.

Über die Dauer des Versuchs wurde die Aufmerksamkeitsallokation in allen drei Bedingungen assoziativ. Dieses Ergebnis deckt sich mit allen bereits zitierten Studien zu diesem Thema.

DELIGNIÈRES, BRISSWALTER et al. (1994) untersuchen die Leistung in Wahl-Reaktionszeit-Aufgaben während der Fahrradergometerfahrt. In die Variation der Bedingungen gehen 2 Probandengruppen ein: geübte Entscheider (Fechter) und Sportler, die keinen entscheidungsorientierten Sport ausüben. Obwohl die Leistung in der Reaktionszeit-Aufgabe in der Expertengruppe mit zunehmender Aufgabenschwierigkeit besser wird, wird die wahrgenommene Anstrengung höher eingestuft.

Die Kontrollgruppe wird mit steigender Ergometerschwierigkeit in der Nebenaufgabe schlechter. Die Anstrengung wird in dieser Gruppe signifikant geringer eingestuft als in der Expertengruppe.

Die Autoren erklären diesen Befund mit der Annahme, dass in der Expertengruppe zusätzliche Ressourcen in Anspruch genommen wurden, die einerseits zur Verbesserung der Leistung führen, aber sich auch als Steigerung der Anstrengung bemerkbar machen.

Ein Literaturüberblick ist in tabellarischer Form im Anhang unter Punkt 9.8 zu finden.

2.3.8 Relevanz der Darstellung für das Motorradfahren

Im Hinblick auf eine spätere Bewertung von Informationssystemen beim Motorradfahren scheint ein Konzept zielführend, welches die Beschreibung von Anforderungen, der subjektiv wahrgenommenen Belastung und deren Beanspruchung trennt.

Darüber hinaus legen sowohl die Ergebnisse der Befragungsstudie als auch die Analyse der Literatur eine Aufteilung der Belastung in drei Bereiche nahe:

- kognitiv-mentale,
- körperliche und
- emotionale

Belastung.

Methodisch soll eine Orientierung an den Messansätzen der Workloadmessung stattfinden. Die Maße selbst müssen aber in ihren Gütekriterien am Motorradfahren zunächst überprüft werden.

Aus der Literatur zum Thema Müdigkeit ergibt sich das Konzept der Ermüdung – als Time-on-Task-Effekt – als bedeutend für die erlebte Beanspruchung. Dieser Befund wird von der Befragungsstudie bestätigt und sollte für weitere Untersuchungen berücksichtigt werden.

Die Sport-/Arbeitsmedizin liefert weiterhin nützliche Erkenntnisse, deren Relevanz offensichtlich scheint, jedoch im weiteren Fortgehen experimentell geprüft werden muss:

Die RPE-Skala nach BORG hat sich bei der Beurteilung der Anstrengung von Ausdauerleistungen bewährt. Die Ratings steigen

- mit zunehmender Dauer der Tätigkeit und
- mit der Aufgabenschwere.

Die Übertragbarkeit dieser Befunde auf das Motorradfahren ist zu prüfen.

Der Aufmerksamkeitsfokus wird umso assoziativer, je schwieriger die Aufgabe wird. Dies bedeutet, der Operator konzentriert sich mehr und mehr auf sein Tun. Dies würde für das Motorradfahren bedeuten, dass für Nebenaufgaben wie die Bedienung von Assistenz- und Informationssystemen keine Kapazität mehr verfügbar ist. Für eine entsprechende Experimentalanordnung sollte auch das Modell nach WICKENS (vgl. Kapitel 2.3) mit einbezogen werden.

2.4 Fazit

2.4.1 Zusammenfassung

Trotz hoher Unfallzahlen und daraus immer wieder abgeleiteten Handlungsbedarfs, liegt ein deutlicher Mangel an Studien zum Thema Workload/Belastung/Beanspruchung und Human Factors in Bezug auf das Motorradfahren vor.

Die Befragungsstudie zeigt, dass Beanspruchung von den Motorradfahrern gezielt aufgesucht wird. „Ich fahre risikoreicher, damit ich höher beansprucht bin, dann macht’s auch Spaß.“ Di STASI, ÀLAVAREZ-VALBUENA et al. (2009) erklären die höhere Beanspruchung aufgrund des Fehlens des Situationsbewusstseins in der Fahrsituation bzw. des Übersehens der entsprechenden Hinweisreize der Fahrszene.

Im Gegensatz dazu wird hier die Hypothese verfolgt, dass die Beanspruchung das eigentliche Ziel ist und nicht die unbewusste Folge einer Anforderung.

Des Weiteren wurde deutlich, dass die körperliche Komponente beim Motorradfahren eine entscheidende Rolle spielt. Ein Modell, das die Beanspruchung beim Motorradfahren beschreiben will, muss körperliche Anstrengung beinhalten.

2.4.2 Messmodell zur Belastung/ Beanspruchung beim Motorradfahren

Aus Literatur und Befragungsstudie ergeben sich folgende wichtige Belastungs-/Beanspruchungsbereiche der Motorradfahrer. Diese Herleitung stellt die Basis für die Untersuchungen im vorliegenden Bericht dar.

Kognitiv-mentale Belastung

- fahrdynamische Vorausschau,
- Einschätzen des eigenen Fahrvermögens.

Energetisch-körperliche Belastung

- Kraft aufwenden: rangieren, sich bei hoher Geschwindigkeit auf dem Zweirad halten,
- Wetter aushalten (Kälte, Hitze, Wind, Nässe),
- starres Sitzen,
- Vibration,
- speziell bei langen monotonen AB-Fahrten durchhalten müssen (aufgrund o. g. Punkte).

Emotionale Belastung

- mit hohem Schadensrisiko handeln → hohe Verletzungsgefahr beim Sturz,
- Unplanbarkeit ertragen
 - Straßenverhältnisse,
 - Verkehrsverhalten anderer.

Entsprechend der Voruntersuchung werden folgende Möglichkeiten zur Variation der Belastung herangezogen:

- kognitiv-mentale Belastung → Variation der Streckenschwierigkeit,
- energetische Belastung → Variation der Streckendauer,
- emotionale Belastung → Variation der Instruktion.

3 Motorradsimulation als Werkzeug

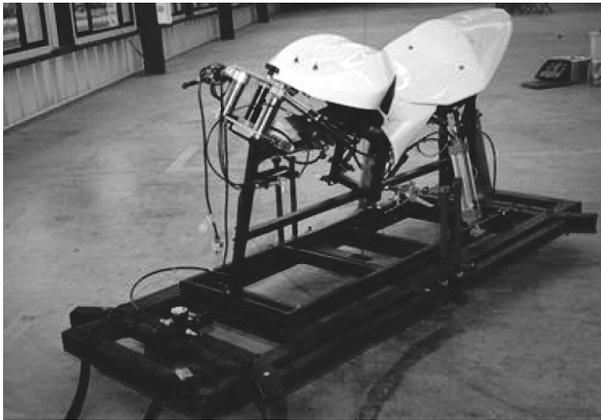
Während sich die Fahrsimulation als Forschungswerkzeug für die Untersuchung des Autofahrens bereits etabliert hat, kommen Motorradsimulationen erst seit kürzerer Zeit in der Forschung zum Einsatz. Gründe für den zögerlichen Start in diesem Bereich liegen sicherlich in den Schwierigkeiten der Nachbildbarkeit der physikalischen Gegebenheiten des Motorradfahrens. Wie alle Autoren berichten, liegen Schwierigkeiten vor allem in der Darstellung der Fliehkraft beim Kurvenfahren und des damit verbundenen Handlings des Kraftrads.

Einen guten Überblick über den Einsatz von Simulatoren im Motorradbereich und die Erfahrung beim Aufbau einer Motorradsimulation geben STEDMON et al. (2009). Auch seine Forschungsgruppe geht

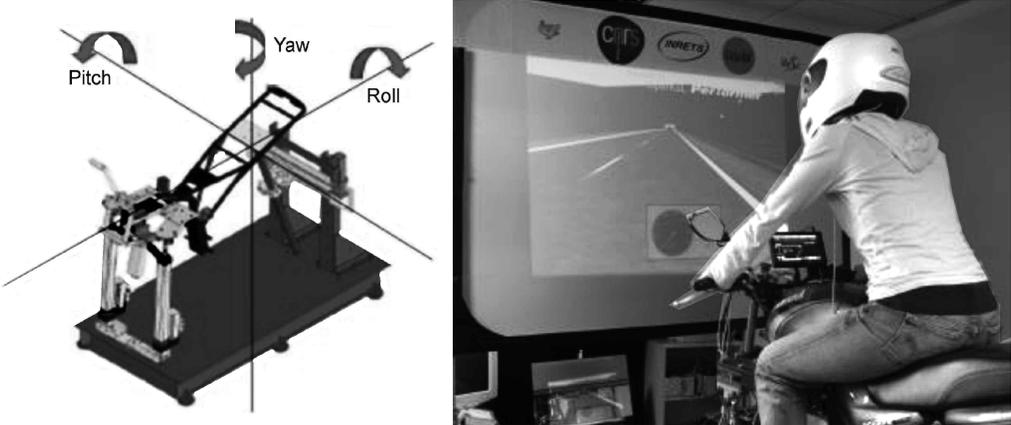
zunächst auf den Mangel an Erfahrung und veröffentlichter Literatur auf diesem Gebiet ein:

“As a result (and the information is hard to find) motorcycle simulation technology is virtually non-existent with perhaps less than five different types around the world in the public domain” (S. 3).

Trotz der Einschränkungen in der Abbildbarkeit gibt es inzwischen einige Forschungsgruppen bzw. Institute, die die Motorradsimulation in ihr Methodeninventar mit aufgenommen haben. Einschlägig sind die Simulatoren der in Tabelle 3 genannten Institute.

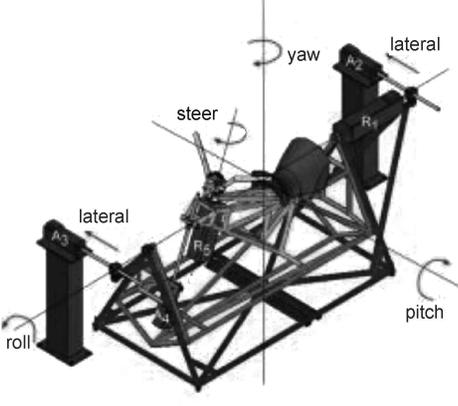
Institut/Firma	Simulation	Einsatzgebiet
California Superbike School	Control Trainer	Training von Timing und Handling des Gangschaltens. Kommt ohne die Darstellung einer simulierten Umwelt aus.
 <p>Quelle: http://www.superbikeschool.com/machinery/control-trainer.php</p>		
Honda	Honda Training Simulation (1998). The Riding Trainer, an Easy-To-Use PC-based Motorcycle Safety Training Device.	Training (auch Fahrschule) der Wahrnehmung verschiedener Straßen- und Verkehrsverhältnisse, deren Gefahren und der korrekter Verhaltensweise in Gefahrensituationen.
 <p>Quelle: http://www.hondasafetydriving.ph/index.php?option=com_morfeoshow&task=view&gallery=6&Itemid=100</p>		

Tab. 3: Einschlägige Motorradsimulatoren

Institut/Firma	Simulation	Einsatzgebiet
Institut für Zweiradsicherheit (IfZ)	Motorradsimulator des IfZ	Demo und Training
 <p>Quelle: http://www.ifz.de/events-vermietungfahrsimulator.htm</p>		
PERCRO Perceptual Robotics Laboratory – Scuola Superiore Sant'Anna	MORIS (1999)	Forschung und Entwicklung.
Keine Abbildungen verfügbar		
University of Nottingham	MotorcycleSIM (2009)	Forschung und Entwicklung: Mensch-Maschine-Interaktion
 <p>Quelle: http://www.slideshare.net/ajovalasit/humanmotorcycle-interaction-hmi-research-issues-in-motorcycle-ergonomics-and-rider-human-factors-by-alex-stedmon</p>		
INRETS	Motorcycle Simulation (2010)	Forschung und Entwicklung. Mensch-Maschine-Interaktion, speziell im EU-Projekt SAFERIDER
 <p>Quelle: http://www.saferider-eu.org/index.php?id=5</p>		

Tab. 3: Fortsetzung

Institut/Firma	Simulation	Einsatzgebiet
Uni Padova	Motorbike Simulation (2009)	Forschung und Entwicklung. Mensch-Maschine-Interaktion, speziell im EU-Projekt SAFERIDER




Quelle: <http://www.saferider-eu.org/index.php?id=5>

Tab. 3: Fortsetzung

Motorradsimulatoren älterer Generation (Ende 90er Jahre) wurden ausschließlich zu Trainingszwecken entwickelt. Neuere Simulatoren setzen einen Schwerpunkt auf die Untersuchung von Fragen der Mensch-Maschine-Interaktion beim Motorradfahren.

Beispielsweise wurde der Simulator der Uni Padua im Projekt SAFERIDER speziell für die Untersuchung von Assistenzsystemen beim Motorradfahren entwickelt. Darüber hinaus findet er im Projekt 2-Be-Safe als Untersuchungswerkzeug Anwendung. Ergebnisse, die mit dieser Simulation gewonnen wurden, sind jedoch noch rar.

STEDMON et al. (2009) liefern mit ihrem Artikel einen wertvollen Beitrag zu Tuning und Evaluation der Motorradsimulation. Neben der Beschreibung des Aufbaus der Simulation wird eine Studie zur Validierung der Simulation berichtet. Die Autoren beschäftigten sich besonders mit der Umsetzung einer möglichst validen Lenkung des Motorrads. Dabei fiel schnell auf, dass eine physikalisch korrekte Implementierung der Fahrdynamik bzw. der Lenkung beim Fahrer nicht unbedingt als realistisch beurteilt wird.

Vor Studienbeginn führten die Autoren eine Befragung von Motorradfahrern zu grundlegenden Eigenschaften, die ein Motorradsimulator haben müsste, durch. Als Wesentlich hat sich dabei ergeben,

- dass sich die Nutzer ein simuliertes Motorrad wünschen, das sich ähnlich wie ein reales Motorrad in die Kurve legen kann,

- dass Beschleunigung und Verzögerung gut abgebildet sind,
- dass die Bedieneingaben wie in einem echten Motorrad funktionieren,
- dass es ein realistisches Fahrgefühl gibt.

Weniger wichtig war den Befragten, ob die Simulation gut aussieht, ob der Sound realistisch ist oder ob der Simulator einfach zu fahren ist.

In einer Evaluationsstudie wurden dann verschiedene Aspekte der umgesetzten Simulation variiert. Es ergab sich ein 2*2-Design mit folgenden unabhängigen Variablen (vgl. a. a. O., S. 7):

- Positive Steering ohne sich neigende Darstellung der Projektion,
- Positive Steering mit sich neigender Darstellung der Projektion,
- Counter Steering ohne sich neigende Darstellung der Projektion,
- Counter Steering mit sich neigender Darstellung der Projektion.

Eine Erläuterung der Fachbegriffe ist unter Kapitel 3.1.1 zu finden. Die Probanden waren 16 männliche Motorradfahrer zwischen 17 und 57 und entsprechend unterschiedlicher Fahrerfahrung. Nach zwei 15-minütigen Fahrten gaben die Fahrer Beanspruchungsurteile auf dem NASA-TLX Workload Questionnaire ab. Darüber hinaus beantworteten

sie Fragen zur Ausgestaltung der Motorradsimulation. Es zeigte sich, dass die Umsetzung des Positive Steering besser beurteilt wurde und selbstverständlicher bedient werden konnte als die des Counter Steering. Dies bildete sich auch im NASA-TLX Urteil ab. Für die anderen Variationen wurden keine signifikanten Unterschiede gefunden.

Als allgemeine Tendenz stellte sich heraus, dass die meisten der Motorradfahrer das Motorradfahren selbst zunächst nicht realistisch fanden. Allerdings wurde die Umsetzung der Szenarios als sehr realistisch für das Motorradfahren beurteilt. Somit ist trotz aller Einschränkungen eine aufgabenbezogene Validität gegeben. Punkt 9.9 im Anhang gibt einen Überblick über Veröffentlichungen zu Motorradsimulationen.

3.1 Aufbau der Messanordnung am WIVW

3.1.1 Die Motorradsimulation

Überblick

Die Motorradsimulation ist im Wesentlichen mit den in Bild 26 dargestellten Komponenten aufgebaut:

- **Mockup**
Der Fahrer sitzt auf einem Motorrad des Typs BMW R100S. Alle relevanten Bedieneingaben werden erfasst und stehen als digitale Messwerte zur Verfügung. Eine genauere Beschreibung des Mockups findet sich folgend unter „Mockup“.
- **Simulation Längsdynamik und Querdynamik**
Aus den Eingaben des Fahrers wird mittels Modellen nachgebildet, wie sich das System Fahrer/Motorrad in der virtuellen Welt verhält. Die Modelle für Längs- und Querdynamik werden in den Kapiteln 3.1.3. und 3.1.4. beschrieben.
- **Soundsimulation**
Motor-, Roll- und Windgeräusche des simulierten Motorrads sowie die anderer Verkehrsteilnehmer werden über eine Soundanlage wiedergegeben.
- **Szenario-Kontrolle**
Diese Komponente simuliert das virtuelle Straßennetz sowie das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer.
- **Bildgenerierung**
Alle Bestandteile der virtuellen Welt (Straßennetzwerk, Beschilderung, umgebende Land-

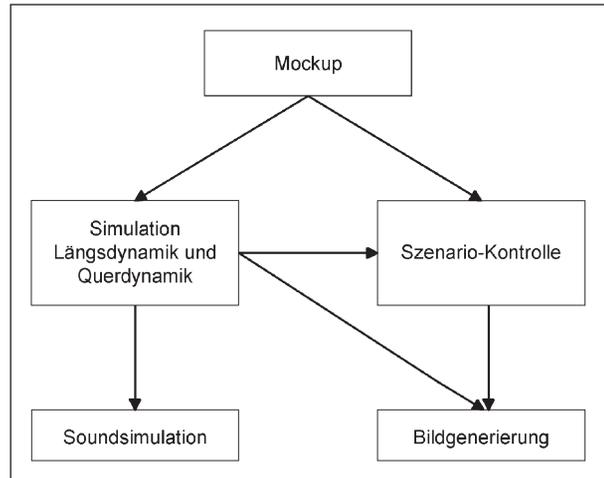


Bild 26: Komponenten der Motorradsimulation des WIVW

schaft, andere Verkehrsteilnehmer usw.) werden aus der Sicht des Fahrers mit einer Framerate von 60 Hz gerendert. Die Darstellung erfolgt über einen Beamer mit der Auflösung 1.024 x 768. Die 2.0 m x 1.7 m große Leinwand befindet sich direkt vor dem Vorderrad des Motorrads und deckt einen vertikalen Sichtwinkel von ca. 42° ab.

Alle Komponenten sind Bestandteil der WIVW-Fahrsimulationssoftware SILAB (Szenario-Kontrolle, Soundsimulation, Bildgenerierung) oder in diese integriert. Darüber hinaus wird SILAB zur Entwicklung der Szenarien, der Ablaufsteuerung der Simulation sowie zur Datenaufzeichnung verwendet.

Mockup

Als Mockup dient ein Motorrad des Typs BMW R100S (vgl. Bild 27). Das Motorrad ist um seine Längsachse drehbar aufgehängt. Die Drehbewegung wird durch eine Blattfeder zentriert und zusätzlich durch Gummizüge versteift. Durch Gewichtsverlagerung kann der Fahrer mit diesem Mechanismus einen Rollwinkel σ erzeugen (vgl. Bild 27 unten links). Der Winkel σ steht als Messgröße zur Verfügung.

Folgende weitere Größen werden gemessen:

- vom Fahrer aufgebrachte Drehmomente an der Lenkstange,
- Stellung des Gasdrehgriffs,
- vom Fahrer aufgebrachte Kraft an der Handbremse,
- vom Fahrer aufgebrachte Kraft an der Fußbremse.

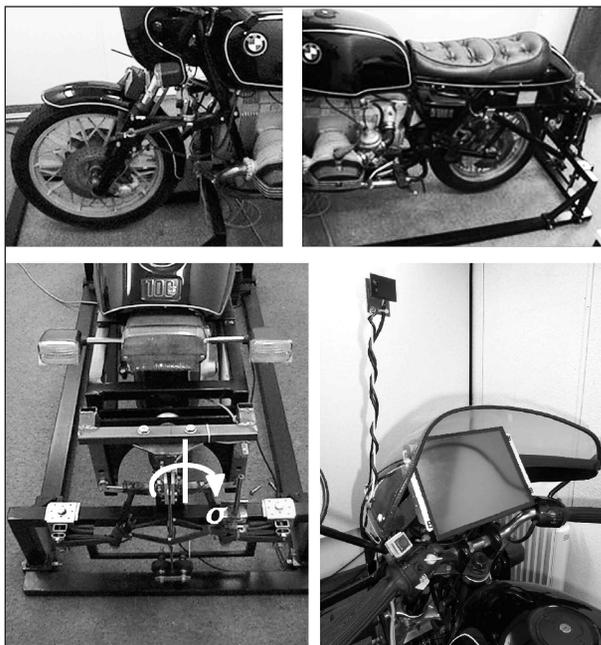


Bild 27: Mockup der WIVW-Motorradsimulation

Die genannten Messgrößen werden von einer Anlage des Typs WAGO I/O System 750 digital gewandelt und mittels CAN-Bus an die Fahrleistungssoftware SILAB übertragen.

Simulation der Querdynamik

Für eine stabile Kurvenfahrt muss der Fahrer das Motorrad so neigen, dass sich Zentrifugal- und Schwerkraft in Balance befinden. Eine Methode, diesen Neigungswinkel herzustellen, ist das so genannte „Counter Steering“. Der Ablauf zum Durchfahren einer Rechtskurve lässt sich so skizzieren (vgl. FAJANS, 2000):

1. Der Fahrer bringt ein Moment an der Lenkstange auf, mit dem er (mit der Zeit) einen Lenkwinkel nach links erzeugt.
2. Durch die entstehende Linkskurve bewirkt die Zentrifugalkraft, dass Fahrer und Motorrad nach rechts geneigt werden.
3. Die Rechtsneigung und gyroskopische Effekte erzeugen am Vorderrad (mit der Zeit) einen Lenkwinkel nach rechts.
4. Die Zentrifugalkraft ändert die Richtung. Die Zunahme der Rechtsneigung hält im Gleichgewichtszustand zwischen Zentrifugalkraft und Schwerkraft an. Die Rechtskurve wird mit einem stabilen Lenkwinkel durchfahren.

Der benötigte Neigungswinkel kann alternativ durch Verlagerung der Hüften des Fahrers in die der zu fahrenden Kurve entgegengesetzte Richtung erzeugt werden. Die Schultern des Fahrers werden dabei in Richtung der zu fahrenden Kurve verlagert. Dadurch wird das Motorrad – zusammen mit den Hüften – zunächst leicht nach links gelehnt, was einen Lenkwinkel nach links erzeugt. Der restliche Ablauf dieses Manövers ist wie ab Aufzählungspunkt 2. beschrieben.

Eine direkte Implementierung eines Querdynamik-Modells, das die beschriebenen Manöver physikalisch korrekt abbildet, war nach erster Konfrontation von den Fahrern nicht kontrollierbar. Dies liegt hauptsächlich daran, dass die Fahrer im verwendeten Mockup keinerlei kinästhetische Rückmeldung der Zentrifugalkraft bekommen. Deswegen ist es für sie beinahe unmöglich, den Gleichgewichtszustand zwischen Zentrifugal- und Schwerkraft herzustellen. Ähnliche Erfahrungen berichten auch STEDMON et al. (2009).

Es wurde daher ein vereinfachtes Ersatzmodell implementiert, das im Folgenden beschrieben wird.

Das Querdynamik-Modell verwendet folgende Eingangssignale:

- σ Roll-Winkel, der aus der Verlagerung des Oberkörpers des Fahrers entsteht
- τ vom Fahrer aufgebrachtes Moment an der Lenkstange
- v aktuelle Geschwindigkeit in Längsrichtung

Bei der Berechnung des Lenkwinkels δ werden sowohl die Verlagerung des Oberkörpers des Fahrers σ als auch dessen Moment an der Lenkstange τ berücksichtigt.

$$\delta(v) = \frac{\tau \cdot (1 + |\sigma|)}{i_{\tau} \cdot i_{\sigma}(v)}$$

Die Größe $i_{\sigma}(v)$ wird geschwindigkeitsabhängig bestimmt (siehe Bild 28).

Der Fahrer lenkt das Motorrad also durch Momente an der Lenkstange. Zusätzlich kann er den Lenkwinkel durch Gewichtsverlagerung verstärken. Der Einfluss der Gewichtsverlagerung nimmt bei zunehmender Geschwindigkeit ab. Dies „zwingt“ den Fahrer, bei hohen Geschwindigkeiten einen größeren Winkel σ einzustellen.

Der Abstand R zum Momentanpol wird mit einem Einspurmodell berechnet (vgl. Bild 28). Dabei ist l der Radstand.

$$R = l / \delta(v)$$

Aus dem Polabstand R resultiert ein Wankwinkel φ des Motorrads, der sich – unter Berücksichtigung des Trägheitsmoments – auf das Gleichgewicht zwischen Zentrifugal- und Schwerkraft einstellt:

$$\dot{\varphi} = \frac{k_\varphi v^2}{-g \cdot R} - \varphi$$

Das Trägheitsmoment des Systems Fahrer/Motorrad um die Längsachse wird vereinfacht über den Parameter k_φ modelliert. Der Wankwinkel φ wird – abzüglich des vom Fahrer eingestellten Rollwinkels σ – in der Bildgenerierung durch eine entsprechende Kameradrehung visualisiert (vgl. Bild 29).

Den Gierwinkel ψ erhält man aus:

$$\dot{\psi} = v / R$$

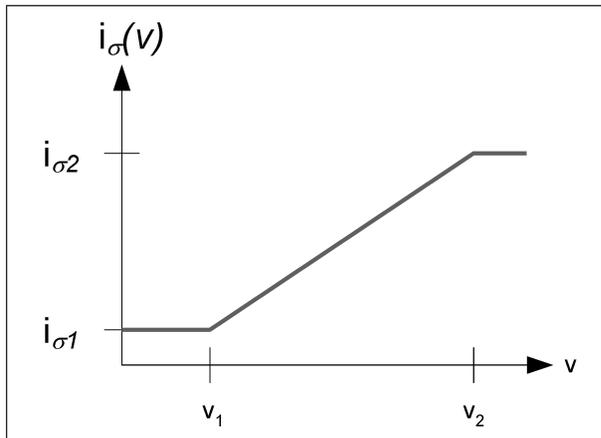


Bild 28: Geschwindigkeitsabhängige Bestimmung von $i_\sigma(v)$



Bild 29: Darstellung des Wankwinkels über entsprechende Kameradrehung

Die Parameter v_1 , v_2 , i_σ , i_σ , i_τ und k_φ des Modells wurden anhand der Beurteilung einiger erfahrener Motorradfahrer abgestimmt. Mit den gefundenen Parametereinstellungen lässt sich das beschriebene vereinfachte Modell gut kontrollieren und vermittelt dennoch ein realistisches Fahrgefühl.

Simulation der Längsdynamik

Das Modell der Längsdynamik benutzt folgende Eingangsgrößen (vgl. auch WEILKES, 2000):

- α Stellung des Gasdrehgriffs
- p_B Bremsdruck (kombiniert Hand- und Fußbremse)
- β Steigungswinkel der Straßenoberfläche in Fahrzeulängsrichtung

Es wird von dem Ansatz ausgegangen, dass die Antriebskraft am Hinterrad im Gleichgewicht zu den Fahrwiderstandskräften steht. Für die Beschleunigung a_x in Fahrzeulängsrichtung ergibt sich damit

$$m \cdot a_x = \frac{M_{mot} \cdot i_M \cdot i_G \cdot i_K \cdot \eta}{r_{dyn}} - F_S(\beta) - F_L(v) - p_B \cdot i_B$$

mit

- m Gesamtmasse Fahrer/Fahrzeug
- i_M Übersetzungsverhältnis Motor zu Getriebe
- i_G Getriebeübersetzung. Die Gangwahl erfolgt über eine einfache Simulation eines Automatik-Getriebes.
- i_K Übersetzungsverhältnis Getriebe zu Kettenrad/Kardan
- η Antriebsstrangwirkungsgrad
- r_{dyn} dynamischer Radhalbmesser
- $F_S(\beta)$ Steigungswiderstand
- $F_L(v)$ Luftwiderstand
- i_B Übersetzung der Bremsanlage

Das Motormoment M_{mot} wird in Abhängigkeit von Drehzahl und Last aus einem Kennfeld interpoliert. Die Werte des Kennfelds entsprechen denen eines Motorrads des Typs BMW K1200R.

Für das aus der Längsbeschleunigung a_x resultierende Nicken θ wurde folgender Ansatz gewählt:

$$\dot{\theta} = k_\theta \cdot a_x - \theta$$

Der Nickwinkel θ wird bei der Bildgenerierung als Nicken der virtuellen Kamera gegenüber der Ebene der Straßenoberfläche dargestellt. Der Parameter k_θ wurde so angepasst, dass ein realistischer Eindruck des Nickens entsteht.

3.1.2 Validierung der Simulation anhand Realdaten

Die Validierung der Simulationsdaten anhand realer Fahrdaten wurde in Zusammenarbeit mit dem fka Aachen durchgeführt. Anhand der Fahrereingaben wurde über ein Fahrdynamikmodell die simulierte Fahrzeugreaktion berechnet. Diese wurde mit der realen Fahrzeugreaktion verglichen und anschließend die Parameter des Fahrdynamikmodells angepasst.

3.1.3 Expertenfahrversuche

Da die Querdynamik der Motorradsimulation nur vereinfacht umgesetzt wurde, machen Vergleiche von real mit simuliert erhobenen Fahrdaten in diesem Punkt keinen Sinn. Der Schwerpunkt der Validierung liegt auf der Optimierung der Längsregulation der Motorradsimulation.

Die Expertenfahrversuche wurden auf der Teststrecke des ika durchgeführt und beschränken sich im Wesentlichen auf Brems- und Beschleunigungsmanöver sowie die stationäre Kreisfahrt zur Ermittlung des Nickwinkels in Abhängigkeit der Beschleunigung sowie der notwendigen Betätigungskräfte von Bremse und Lenker.

Ergebnisse

Der Zusammenhang zwischen Nickwinkel und Beschleunigung stellt sich für Verzögerung und Beschleunigung in weiten Bereichen annähernd linear dar. Zwischen Nickwinkel und Bremsdruck sowie zwischen Längsbeschleunigung und Bremsdruck kann der Verlauf gut durch ein Polynom zweiten Grades angenähert werden. Ab einer Verzögerung von ca. $7,5 \text{ m/s}^2$ (Teleskopgabel in den Endanschlägen) ist der Nickwinkel annähernd konstant bis zum Abheben des Hinterrades. Der Zusammenhang von Gasstellung zu Längsbeschleunigung ist von vielen weiteren Parametern (Gangstufe, Fahrzeuggeschwindigkeit etc.) abhängig und soll aus diesem Grund nicht weiter betrachtet werden. Unter Verwendung eines geeigneten Motorkennfeldes, der Antriebsstrangübersetzungen und der Gleichungen für die Bedarfskräfte kann dieser Zusam-

menhang im Modell ausreichend genau abgebildet werden. Die beschriebenen Zusammenhänge sind in den Bildern 30 bis 33 dargestellt.

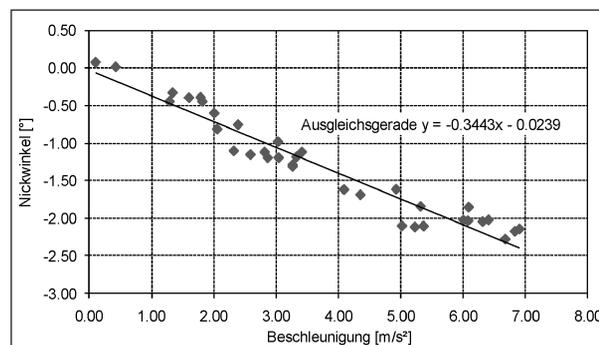


Bild 30: Nickwinkel über Längsbeschleunigung (Beschleunigungsmanöver)

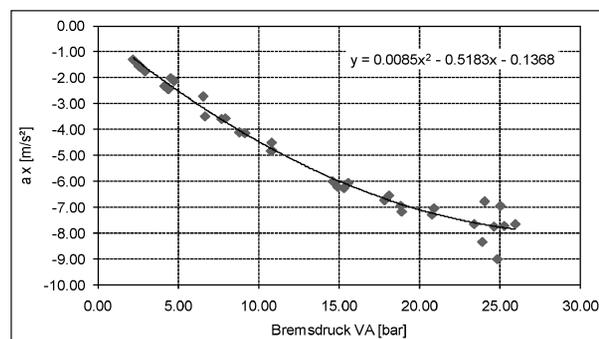


Bild 31: Längsbeschleunigung über Bremsdruck (Bremsmanöver)

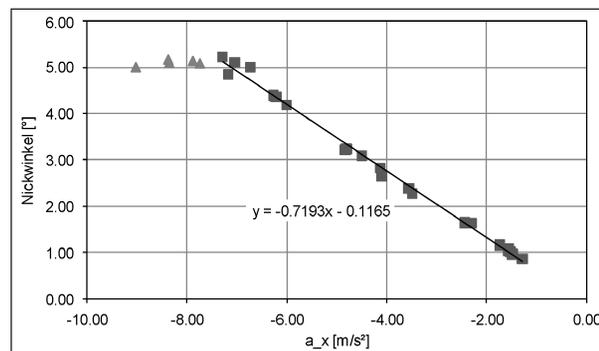


Bild 32: Nickwinkel über Längsbeschleunigung (Bremsmanöver)

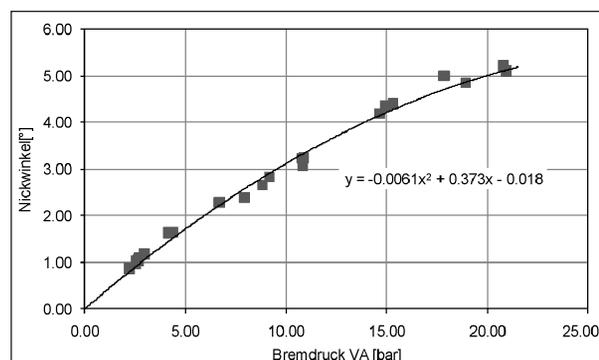


Bild 33: Nickwinkel über Bremsdruck (Bremsmanöver)

3.1.4 Erhobene Kenngrößen

Die Motorradsimulation erlaubt eine umfassende Datenaufzeichnung. Folgende Kenngrößen können mit einer Rate von 100 Hz erfasst werden:

- Bedienelemente
 - Gasdrehgriff,
 - Handbremse,
 - Fußbremse,
 - Bedienung von Nebenaufgabenelementen wie Touchscreen in einem Menüsystem oder Reaktionszeitknopf.
- Bewegung in der Szenerie
 - laterale Position,
 - Abstand bzw. Kollision mit Objekten der Szenerie,
 - Kurvigkeit und Höhenprofil der Strecke,
 - Streckenmarker zur Strukturierung der Auswertung.
- Parameter der Fahrdynamik
 - Geschwindigkeit,
 - Verzögerung/Beschleunigung,
 - Rollwinkel.
 - (Theoretisch ist auch eine Querbeschleunigung berechenbar. Da jedoch die physikalische Rückmeldung durch die Fliehkraft im Motorrad komplett fehlt, ist die inhaltliche Aussage dieser nachberechneten Größe fragwürdig.)
- Umgebender Verkehr
 - Abstände zu den umgebenden simulierten Fahrzeugen sowie Geschwindigkeiten der umgebenden Fahrzeuge.

3.1.5 Training der Fahrer

In ersten Fahrtexpositionen in der Motorradsimulation stellte sich aber zusätzlich zu den bereits dargestellten Schwierigkeiten in allen Simulationen heraus, dass das Lenken gesondert geübt werden muss.

Physikalische Kräfte fehlen, sodass das Wanken beim Durchfahren einer Kurve (das „sich in die Kurve Legen“) bewusst vorgenommen werden muss. Auch das sog. Counter Steering ist in der Motorradsimulation nicht umgesetzt. Das heißt, dass der Motorradfahrer sich zunächst daran gewöhnen muss, dass ein kurzes Gegenlenken beim Einfahren in die Kurve keinen Effekt zeigt. Stattdessen muss er entgegen dem beim realen Fahren Üblichen einen kleinen Lenkimpuls in die Fahrtrichtung geben, um das Wanken zu unterstützen.

Aus diesen Überlegungen wurden die in Tabelle 4 dargestellten Übungen entwickelt.

In der Fahrsimulation untrainierte Fahrer brauchen 70 min. Für bereits im Pkw-Simulator trainierte Fahrer können vor allem die ersten Übungen gekürzt werden und das Training auf ca. 50 min reduziert werden.

Insgesamt konnten 42 Fahrer trainiert werden, die dann für die Studiendurchführung zur Verfügung standen. Das Durchschnittsalter der Fahrer betrug ca. 36 Jahre. Im Wesentlichen besteht der Fahrerpool aus Männern (sieben Frauen).

Im Anschluss an das durchgeführte Training wurden die Fahrer befragt, wie gelungen sie die Umsetzung der Motorradsimulation einschätzen. Bild 34 zeigt, dass die Fahrer mit der Umsetzung auf Landstraßen zufrieden waren.

Auf der Basis dieser Urteile kann die Umsetzung der Motorradsimulation für das Fahren auf Landstraßen als valide gelten.

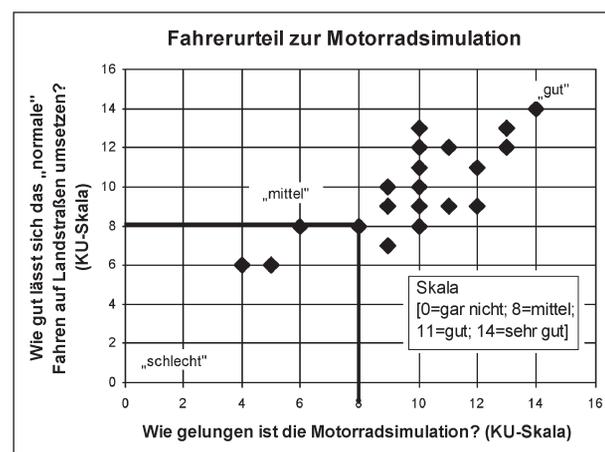
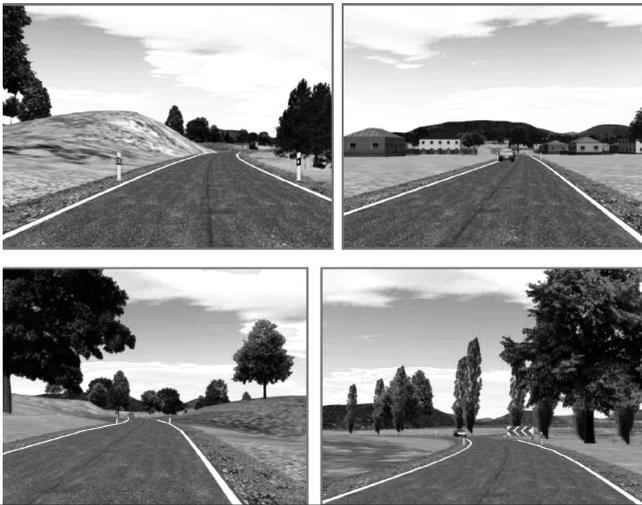


Bild 34: Beurteilung der Motorradsimulation durch die Fahrer

Fahrt	Dauer (min)	Lernziel
Demonstration	ca. 8	allg. Kennenlernen, Ausprobieren und Austoben
Folgefahren (nur, wenn in der ersten Fahrt bereits Übelkeitssymptome auftreten wird diese Fahrt ohne schnelle Richtungswechsel etc. zur Gewöhnung eingeschoben)	ca. 8	Annähern an vorausfahrende Fahrzeuge, verlangsamen von 100 auf 80 km/h, einfache Fahrt zur Gewöhnung
Überlandfahrt	ca. 15	<ul style="list-style-type: none"> • an Pannenfahrzeug vorbei fahren • durch Ortschaft fahren • scharfe Linkskurve • Folgefahren • freie Fahrt • Überholen erlaubt • Slalomfahren
Beschleunigen, Bremsen und Fahrspurwechsel 1	ca. 10	zielgenaues Beschleunigen & Bremsen, Fahrspurwechsel-Demo
Beschleunigen, Bremsen und Fahrspurwechsel 2	ca. 17	zielgenaues Beschleunigen & Bremsen; Fahrspurwechsel mit Tempo 30, 50, 80 km/h
Überlandfahrt zur Lernzielkontrolle	ca. 12	Überlandfahrt mit vielen Kurven (Radien zw. 150 und 800 m), Spurbreite 2,75 m ohne Mittelstreifen, leichtes Höhenprofil (zwischen 0 % und gelegentlich 2 %) <div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;">  </div>
Gesamtfahrzeit:	ca. 70 Minuten	

Tab. 4: Übungen im Training zur Gewöhnung an die Motorradsimulation

3.1.6 Physiologische Messungen

Zur Ergänzung der gemessenen Fahrdaten gibt es am WIVW ein portables Messsystem für physiologische Daten (siehe Bild 35). Das Varioport-System der Firma Becker Meditec erlaubt die flexible Aufzeichnung und Verarbeitung beliebiger physiologischer Daten sowie von Messwerten und Ereignissen aus der Umgebung des Probanden.

Der tragbare Aufnehmer ist sehr klein und leicht und kann daher bequem und unauffällig in einer speziellen Tasche am Körper getragen werden, ohne beim Tragen von Motorradschutzkleidung zu stören. Die Bedienung erfolgt über die am Gerät



Bild 35: Tragbares Aufzeichnungsgerät für physiologische Daten (Varioport, Fa. Becker – Meditec); Quelle: <http://www.fit-fuer-usability.de/archiv/biometrie-mit-varioport/>

angebrachten Steuertasten oder über einen PC. Die physiologischen Daten werden mit den Simulationsdaten synchronisiert.

Für das vorliegende Projekt wurde der Puls der Fahrer aufgezeichnet. Eine Betrachtung der Muskelaktivität, Atmung oder Hautleitfähigkeit ist aufgrund der Bewegungsartefakte beim Motorradfahren und der Schutzkleidung nicht geeignet.

3.2 Prüfstrecken

Aufbauend auf Vorversuchen wurden zwei Strecken unterschiedlicher Schwierigkeit entworfen. Sie unterscheiden sich im Wesentlichen in der Spurbreite, der Kurvigkeit, dem Höhenprofil und im umgebenden Verkehr.

3.2.1 Leichte Landstraßenfahrt

In der leichten Fahraufgabe war die Spurbreite 3,50 m. Es gab leichte Kurven mit Radien > 1.000 m. Im Höhenprofil wurden hin und wieder leichte Steigungen/Gefälle (bis zu 2 %) in die Strecke eingebunden. Vereinzelt gab es Gegenverkehr. In Bild 36 sind Screenshots der leichten Motorradstrecke zu finden. Ausschnitte einzelner Streckenabschnitte sind in Bild 37 dargestellt.

3.2.2 Schwere Landstraßenfahrt

In der schweren Fahraufgabe war die Spurbreite 2,75 m ohne Mittelstreifen. Es gab enge Kurven mit Radien zwischen 150 und 800 m, teilweise ohne Klothoiden. Im Höhenprofil wurden häufig wech-



Bild 36: Screenshots aus der Motorradstrecke „leicht“

selnde Steigungen/Gefälle (bis zu 6 %) in die Strecke eingebunden. Darüber hinaus gab es dichten Gegenverkehr und vereinzelt Hindernisse auf der Fahrbahn, die umfahren werden mussten (siehe Bild 38). Ausschnitte einzelner Streckenabschnitte sind in Bild 39 zu finden.

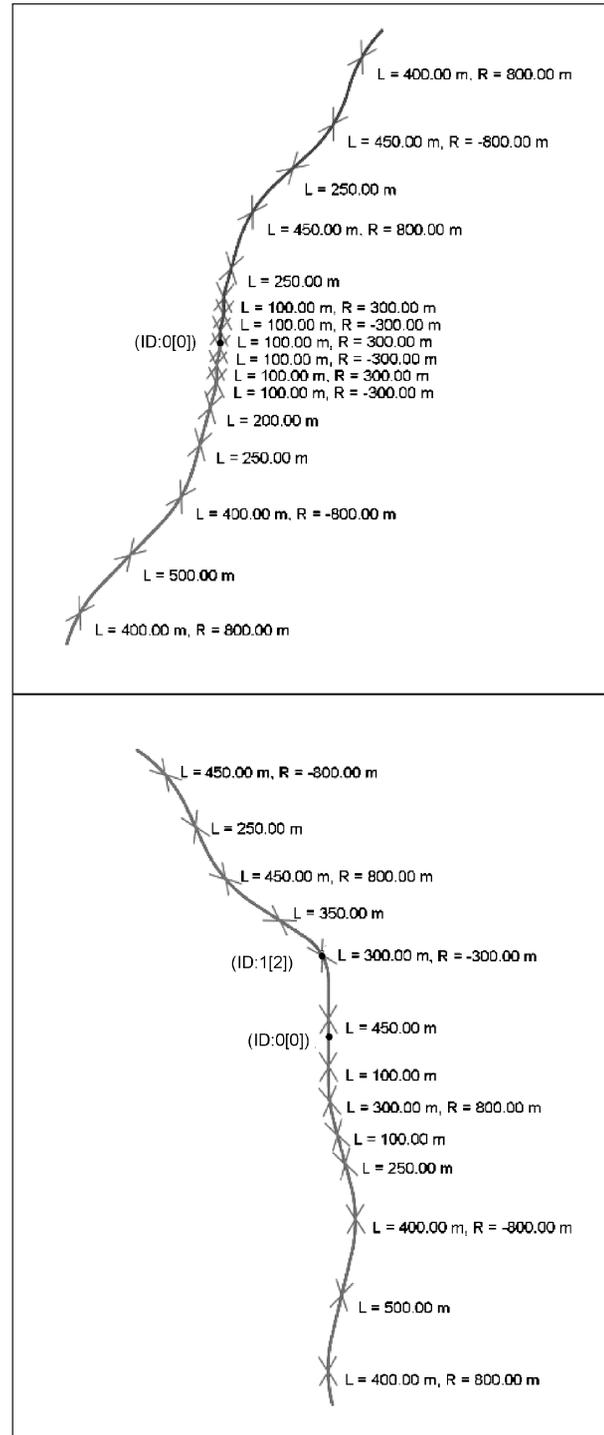


Bild 37: Ausschnitte des Streckenverlaufs, Motorradstrecke „leicht“. Beispielhafte Darstellung der Abfolge von Geraden und Kurven. Markiert sind jeweils Kurvenlänge (L) und Radius (R)



Bild 38: Screenshots aus der Motorradstrecke „schwer“

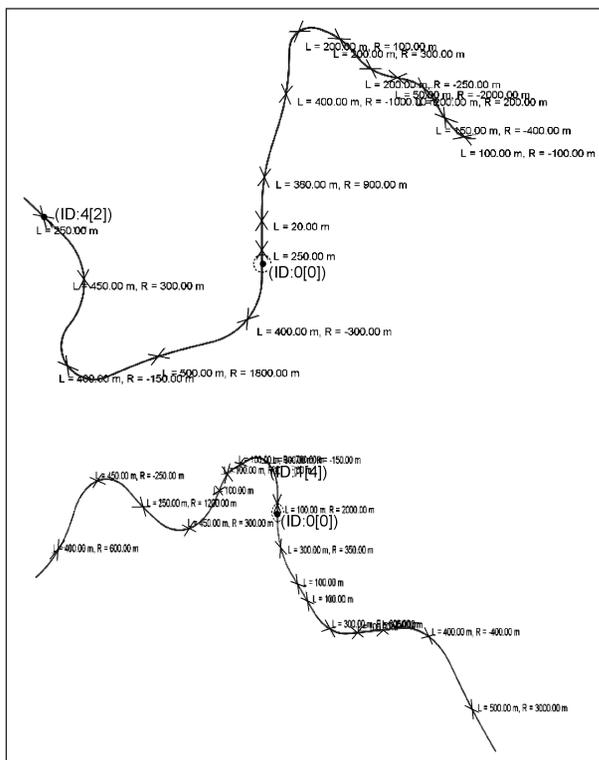


Bild 39: Ausschnitte des Streckenverlaufs, Motorradstrecke „schwer“. Beispielhafte Darstellung der Abfolge von Geraden und Kurven. Markiert sind jeweils Kurvenlänge (L) und Radius (R)

Wie bereits erwähnt, hat die Befragung zudem gezeigt, dass die Fahrtdauer eine wichtige Variable für das Erleben akuter, vor allem körperlicher Beanspruchung ist. Aus diesem Grund wird neben der Streckengeometrie auch die Fahrtdauer zwischen einer 10-minütigen und einer 60-minütigen Fahrt variiert.

3.3 Fahrtintention – Instruktion

Ein weiteres, die Fahrerbeanspruchung beeinflussendes Merkmal ist die Intention der Fahrt. Das Fahren stellt als Handlung eine bewusste Ausrichtung auf ein Ziel dar und ist somit intentional gesteuert.

Das Fahrzeug ist in diesem Zusammenhang ein Werkzeug zur Verwirklichung der Fahrerintention. Es sind vielfältige Fahrerintentionen denkbar. So kann das Fahrzeug dazu dienen, ein bestimmtes Ziel in möglichst kurzer Zeit zu erreichen, aufgestaute Aggressionen abzureagieren etc.

Die Intention einer Fahrt ist experimentell variierbar. Dies ist u. a. durch die gezielte Instruktion eines bestimmten Fahrstilwunsches oder durch die Gestaltung von experimentellen Szenarien möglich.

Da sich die Instruktionen des sicheren Fahrens und des Zeitdrucks in Vorversuchen zur Variation der emotionalen Belastung bereits bewährt haben, werden sie in die Untersuchung mit aufgenommen. Die Variation wird hergestellt, indem dieselbe Strecke unter folgenden Instruktionen gefahren werden soll:

- Instruktion ‚StVO‘

„Bitte fahren Sie ganz sicher und vorsichtig. Beachten Sie die Straßenverkehrsordnung und wählen Sie ein Tempo, mit dem Sie alle Fahraufgaben gefahrlos und erfolgreich bewältigen können.“

- Instruktion ‚Limit‘

„Bitte fahren Sie den Parcours so schnell, wie es gerade noch möglich ist, ohne sich selbst oder andere zu gefährden. Fahren Sie vom Tempo an Ihrem persönlichen Limit. Vermeiden Sie aber unbedingt Berührungen mit anderen Verkehrsteilnehmern und das Abkommen von der Fahrbahn.“

3.4 Messung der Beanspruchung

Wie bereits dargestellt, gibt es kaum veröffentlichte Erfahrungen mit Maßen der Beanspruchungsmessung beim Motorradfahren. Aus diesem Grund wird sich die erste Untersuchungsreihe mit der Validierung geeigneter Methoden beschäftigen. Es werden Verfahren und Maße gesucht, die die Variation der Aufgabenschwierigkeit, Auswirkung der Fahrtdauer sowie der Fahrtintention abbilden. In den nachfolgenden Kapiteln werden die Maße beschrieben, die in die ersten Untersuchungen mit aufgenommen werden.

3.4.1 Subjektive Maße

Es gibt zwei Möglichkeiten, die subjektive Repräsentation der Beanspruchung darzustellen: eindimensionale und mehrdimensionale Verfahren (vgl. in Kapitel 2.3.5 „Subjektive Maße“). Zur mehrdimensionalen Messung wird im vorliegenden Projekt der NASA-TLX eingesetzt. Es handelt sich um ein gängiges und bereits vielfach in anderen Bereichen eingesetztes Verfahren (für eine Kurzbeschreibung vgl. Tabelle 5). Auch STEDMON (2009) wählte dieses Inventar zur Prüfung seiner Motorradsimulation. Die erhobenen subjektiven Daten sind somit zu einem gewissen Grad ver-

gleichbar. Verläufe über längere Abschnitte der Aufgabenausführung, z. B. über eine gesamte Autofahrt, sind mit diesem Verfahren nur bedingt zu erfassen. Zum einen läuft man bei sehr kurzem zeitlichem Abstand zwischen den Beurteilungen Gefahr, den Urteiler zu verärgern, da er immer wieder einen aufwändig Fragebogen zu beantworten hätte, zum anderen überfordert man seine Differenzierungsfähigkeit. Verläufe lassen sich zudem nur während der Ausführung der Tätigkeit erfassen und bringen damit das Problem der Interferenz mit der Fahraufgabe mit sich.

Aus der Literatur zu den Themen Müdigkeit oder Erschöpfung ergibt sich der Time-on-Task-Effekt als bedeutend für die erlebte Beanspruchung. In der Befragungsstudie (vgl. Kapitel 2.2) berichten die Motorradfahrer, dass vor allem die körperliche Beanspruchung mit der Dauer der Fahrt steigt. Auch in der vorliegenden Studie sollen Erkenntnisse zur Beanspruchung über den Fahrtverlauf gewonnen werden. Eine kontinuierliche Erfragung erscheint daher sinnvoll, wobei aus oben genannten Gründen auf die eindimensionale RPE-Skala nach BORG zurückgegriffen wird (BORG, 1982) – siehe Bild 40.

Diese ist bis in die heutige Forschung sehr beliebt und kann inzwischen als ausreichend wissen-

Autoren	HART & STAVELAND (1988)
Dimensionen	<p>Geistige Anforderungen (Endpunkte: niedrig/hoch): In welchem Ausmaß beinhaltet die Aufgabe geistige Tätigkeiten und Wahrnehmungsvorgänge (z. B. Denken, Beobachten usw.)?</p> <p>Körperliche Anforderungen (Endpunkte: niedrig/hoch): In welchem Ausmaß waren körperliche Tätigkeiten erforderlich (z. B. Ziehen, Drehen usw.)?</p> <p>Zeitliche Anforderungen (Endpunkte: niedrig/hoch): Wie stark empfanden Sie den Zeitdruck, der vom Arbeitstakt oder dem Tempo, mit dem die Aufgaben oder Aufgabenelemente aufeinander folgten, verursacht wurde?</p> <p>Leistung (Endpunkte: gut/schlecht): Wie gut ist es Ihnen Ihrer Ansicht nach gelungen, die vom Versuchsleiter gesetzten Aufgabenziele zu erreichen?</p> <p>Anstrengung (Endpunkte: niedrig/hoch): Wie hart mussten Sie arbeiten (geistig und körperlich), um Ihr Leistungsniveau zu erreichen?</p> <p>Frustrationsniveau (Endpunkte: niedrig/hoch): Wie verunsichert, entmutigt, irritiert, gestresst und verärgert bzw. selbstsicher, befriedigt, zufrieden, entspannt und selbstzufrieden fühlten Sie sich während der Aufgabe?</p>
Kurzbeschreibung der Durchführung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Einstufungsphase: Vp bewertet die Aufgabe hinsichtlich der Beanspruchung auf sechs Subskalen (bipolare 21-Punkte-Skalen) 2. Paarvergleich: Vp vergleicht alle 15 möglichen Paarkombinationen der sechs Subskalen und gibt an, welche der jeweils zwei Subskalen für die durchgeführte Beanspruchungswertung wichtiger war
Kommentar	Rating führt auch ohne Paarvergleiche zu einer ähnlichen Vorhersage des Gesamtwertes (MORONEY, BIERSE & EGGEMEIER, 1995)

Tab. 5: Kurzbeschreibung des NASA Task Load Index (NASA-TLX)

1	Überhaupt keine Beanspruchung
2	Sehr, sehr schwach
3	
4	Sehr schwach
5	
6	Schwach
7	
8	Moderat
9	
10	Stark
11	
12	Sehr stark
13	
14	Sehr, sehr stark
15	Größtmögliche Beanspruchung

Bild 40: Übersetzung der überarbeiteten RPE-Skala nach DELIGNIÉRES, BRISSWALTER & LEGROS (1994)

schaftlich abgesichert gelten. DELIGNIÉRES, BRISSWALTER & LEGROS (1994) führten eine Untersuchung durch, in der die RPE-Skala mit einer Verankerung bei eins als niedrigstem Wert eingesetzt wird. Für die Anwendung in der Motorradsimulation ist es daher unabdingbar, die Einsatzmöglichkeiten von eindimensionalen Verfahren zu prüfen.

Es zeigte sich nach einer ersten Konfrontation von 5 Probanden mit den beiden Skalen, dass der Einsatz der bei 1 beginnenden Skala den Probanden nachvollziehbarer erscheint als die in Kapitel 2.3.7 erläuterte bei 6 beginnende Skala (vgl. Bild 40). Zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit der Herzrate müssten die Daten nachträglich umgerechnet werden.

Der NASA-TLX wird immer im Anschluss an die jeweilige komplett absolvierte Fahrt vorgelegt. Zusätzlich wird während langer Fahrten in regelmäßigen Abständen ca. alle 2 Minuten die RPE-Borg-Skala vorgegeben.

Zur genauen Instruktion und Übersetzung der Verfahren sei auf Punkt 9.10 und 9.11 im Anhang verwiesen, in denen die Versuchsmaterialien zu finden sind.

3.4.2 Physiologische Maße

Aus gängigen Maßen ist für das Motorradfahren die Messung der Herzrate als Parameter der kardiovaskulären Aktivierung von Bedeutung. Über Brustwandableitung kann die Zeitdauer zwischen zwei aufeinanderfolgenden Herzschlägen gemessen werden (sog. Interbeat-Intervall; IBI). Diese kann in

die Herzrate (HR) umgerechnet werden (ausgedrückt in Schlägen pro Minute „beats per minute“ bpm, berechnet nach: $HR = 60.000/IBI; [ms]$). Im Allgemeinen geht eine Zunahme in der mentalen Beanspruchung mit einer Zunahme der mittleren Herzrate und einer Verringerung der Variabilität der Herzrate (HRV) einher, wobei Erstere weniger sensitiv anspricht (de WAARD, 1996). Die empirischen Befunde zu Veränderungen im kardiovaskulären System sind allerdings uneinheitlich. Darüber hinaus müssen mögliche Einflüsse körperlicher Anstrengung beachtet werden.

Häufig streuen in das eigentliche Signal Störsignale ein, die die Biosignalaufzeichnung verfälschen (Messartefakte). Diese können physiologischer Herkunft (Verdauungsprozesse, nicht kontrollierte Ermüdung, Erkrankungen etc.), durch Bewegungen verursacht oder auf emotionale Faktoren (z. B. Angst) zurückzuführen sein. Beim Motorradfahren kann z. B. das Tragen der Schutzkleidung für die genaue Messung problematisch sein.

Weitere Probleme ergeben sich aus der sog. individualspezifischen Reaktion (ISR, SCHANDRY, 1998). Darunter ist zu verstehen, dass Individuen unabhängig vom Stimulus mit für sie typischen Mustern physiologischer Veränderungen reagieren.

Die Ausgangswertproblematik besagt, dass, je stärker vegetative Organe aktiviert sind, desto stärker ist ihre Ansprechbarkeit auf hemmende Reize und desto niedriger ist ihre Ansprechbarkeit auf aktivierende Reize (WILDER, 1931). Statistisch kann sich dies in einer negativen Korrelation zwischen Ausgangs- und Veränderungswert ausdrücken. Für die Planung von Untersuchungen bedeutet dies, dass immer der Ruhewert erhoben werden muss und der Veränderungswert vor diesem Hintergrund betrachtet werden sollte. Auch für die vorliegende Untersuchung muss eine sog. Ausgangswertenerhebung stattfinden.

4 Die einzelnen Studienreihen

Die einzelnen Versuche im vorliegenden Projekt teilen sich auf in

- die Beschreibung der Belastung/Beanspruchung beim Motorradfahren,
- die Abstimmung des Fahrens mit Bedienung von Infotainment.

Zur Beschreibung der Belastung/Beanspruchung werden gem. Kapitel 2.4.2 Strecke, Fahrdauer und Instruktion variiert, um verschiedene Belastungsarten bzw. -grade herzustellen. Die Beanspruchung wird über die Datenebenen Fahrverhalten, Puls und subjektive Maße dargestellt. Der Vergleich derselben Fahraufgaben, von denselben Fahrern in der Pkw-Simulation gefahren, rundet die Befunde ab.

Bei der Abstimmung von Fahren und Bedienen werden sehr grundlagenorientierte Experimentalanordnungen gewählt. Anhand Okklusion als Metapher für Blickabwendung wird überprüft, wie lange Motorradfahrer den Blick von der Straße abwenden und welche Auswirkungen dies hat. In der Studie zu qualitativ verschiedenen Nebenaufgaben wird diese Blickabwendung an experimentell gestalteten Bedienungsaufgaben konkretisiert.

5 Beschreibung der Belastung/ Beanspruchung beim Motorradfahren

5.1 Fragestellung

Aufgrund des eingangs beschriebenen Mangels an Literatur wird in der ersten Studie zunächst der Frage nachgegangen, welche Auswirkung die Variation der Belastung über Streckenschwierigkeit, Instruktion und Fahrdauer auf die Beanspruchung des Fahrers hat. Dabei ist nicht nur das Niveau der Beanspruchung interessant, sondern auch die Art der Beanspruchung.

5.2 Methode

5.2.1 Untersuchungsplan

Die vorgeschlagenen Variationen führen zu folgenden Permutationen:

- Streckenschwierigkeit: leicht vs. schwer (mentale Beanspruchung),
- Fahrdauer: kurz (ca. 10 Minuten) vs. lang (ca. 60 Minuten) (körperliche Beanspruchung),
- Instruktion: sicher fahren vs. am Limit fahren (emotionale Beanspruchung).

In verschiedenen Vorversuchen wurden schließlich die in Tabelle 6 dargestellten Versuchsfallvariationen abgeleitet.

4 kurze Fahrten (je 10 Minuten)	1 lange Fahrt (60 Minuten)
<ul style="list-style-type: none"> • leicht – sicher • leicht – Limit • schwer – sicher • schwer – Limit 	<ul style="list-style-type: none"> • schwer – Limit
ca. 2,5 Std. Versuchszeit (inklusive Baselinemessungen)	ca. 1.5 Std. Versuchszeit

Tab. 6: Untersuchte Versuchsfallvariationen

Es wird ein abhängiger Versuchsplan gewählt, d. h., alle Fahrer fahren alle Strecken in randomisierter Reihenfolge. Die kurzen Fahrten werden an einem getrennt von der langen Fahrt gewählten Versuchstermin gefahren. Die Hälfte der Fahrer fährt zunächst die kurzen Fahrten und im zweiten Termin die lange Fahrt, die andere Hälfte fährt entsprechend im ersten Termin die lange Fahrt.

5.2.2 Stichprobe

An dieser Studienreihe nahmen 14 Fahrer (5 Frauen und 9 Männer) teil. Im Durchschnitt waren die Fahrer 33 Jahre alt. Im Schnitt wurden von den Probanden im letzten Jahr 2.000 km Motorrad gefahren.

5.2.3 Versuchsablauf und Instruktion

Kurze Fahrten

Nach der Begrüßung wurden die Fahrer über den Ablauf des Termins aufgeklärt:

„Beim heutigen Termin geht es um Belastung und Beanspruchung bei Landstraßenfahrten. Sie werden verschieden gestaltete Strecken mit unterschiedlichen Fahrmanweisungen absolvieren. Danach möchten wir immer wieder von Ihnen wissen, wie beanspruchend die Fahrt für Sie war. Außerdem werden wir den Herzschlag als physiologische Messung vornehmen.“

Danach wurden die Pulselektroden angelegt und eine Baselinemessung vorgenommen.

„In den folgenden Fahrten geht es darum, Informationen über die Belastung durch unterschiedliche Fahraufgaben zu bekommen und mögliche Einflüsse zum Beispiel durch unterschiedliche Anleitungen zu untersuchen. Es ist wichtig und hilfreich, wenn Sie uns dabei mit Ihrem Urteil unterstützen. Deswegen werden wir Ihnen nach jeder Fahrt diese schon gezeigten Befragungen vorlegen.“

Danach wurde der NASA-TLX gezeigt und die Einzelitems erklärt. Die erste Fahrt diente zum Eingewöhnen und Gewinnen von Pulsbaselinewerten.

„In der ersten Fahrt möchten wir gerne wissen, wie Ihre physiologische Beanspruchung bei einer sehr einfachen Aufgabe ist. Sie fahren jetzt ca. 10 min auf einer absichtlich langweilig gestalteten Landstraße. Dabei müssen Sie nur der Straße folgen und ungefähr 100 km/h fahren. Sie können losfahren!“

Die Strecken wurden entsprechend dem Randomisierungsplan gestartet. Der Versuchsleiter musste jeweils die entsprechende Instruktion wählen.

- Instruktion ‚sicher‘

„Bitte fahren Sie ganz sicher und vorsichtig. Beachten Sie die Straßenverkehrsordnung auch wirklich im vollen Umfang.“

- Instruktion ‚schnell‘

„Bitte fahren Sie so schnell, wie es geht, ohne sich selbst oder andere zu gefährden. Achten Sie aber unbedingt darauf, weder mit anderen Verkehrsteilnehmern noch mit Objekten zu kollidieren und keinesfalls von der Straße abzukommen. Bitte gehen Sie dabei wirklich an Ihre Grenzen. Sie können jetzt wieder losfahren. Gute Fahrt!“

Nach jeder Fahrt wurde der NASA-TLX vorgelegt.

Lange Fahrt

Nach der Begrüßung wurden die Fahrer über den Ablauf des Termins aufgeklärt:

„Beim heutigen Termin geht es um Belastung und Beanspruchung bei Landstraßenfahrten. Sie werden verschieden gestaltete Strecken mit unterschiedlichen Fahrtanweisungen absolvieren. Danach möchten wir immer wieder von Ihnen wissen, wie beanspruchend die Fahrt für Sie war. Außerdem werden wir den Herzschlag als physiologische Messung vornehmen.“

Danach wurden die Pulselektroden angelegt und eine Baselinemessung vorgenommen.

„In der folgenden Untersuchung geht es darum, Informationen über die Belastung auf langer Fahrt zu untersuchen. Deswegen werde ich Sie, wie gesagt, in regelmäßigen Abständen nach ihrer aktuellen Beanspruchung befragen und Ihnen nach jeder

Fahrt diese schon gezeigten Befragungen vorlegen.“

Danach wurden die RPE-Skala und der NASA-TLX vorgelegt und erklärt. Die erste Fahrt diente zum Eingewöhnen und Gewinnen von Pulsbaselinewerten. Außerdem soll die Beantwortung der RPE-Scale geübt werden:

„Sie fahren jetzt kurz auf einer Landstraße. Dabei müssen Sie nur der Straße folgen und ungefähr 100 km/h fahren. Bitte geben Sie an dem ‚Achtung-Schild‘ den Skalenwert an, der dem Gefühl Ihrer augenblicklichen Beanspruchung entspricht. Beantworten Sie die Befragung bitte zügig. Sie können losfahren!“

Die eigentliche Messfahrt wurde unter der Instruktion „schnell“ gefahren:

„Bitte fahren Sie so schnell, wie es geht, ohne sich selbst oder andere zu gefährden. Achten Sie aber unbedingt darauf, weder mit anderen Verkehrsteilnehmern noch mit Objekten zu kollidieren und keinesfalls von der Straße abzukommen. Bitte gehen Sie dabei wirklich an Ihre Grenzen.“

Während der Fahrt fragt der Versuchsleiter ca. alle 2 Minuten nach der aktuellen Beanspruchung. Nach 20 und 40 Minuten wurde der Fahrer an die Instruktion erinnert:

„Bitte denken Sie daran, dass Sie es eilig haben, aber weder sich noch andere gefährden sollen.“

Nach der Fahrt wurde der NASA-TLX vorgelegt.

5.3 Ergebnisse

Bei der Auswertung wird eine einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung berechnet. Der Messwiederholungsfaktor Bedingung ist vierstufig aus den Kombinationen der Instruktionen und Streckenschwierigkeiten:

1. leicht – sicher,
2. leicht – schnell,
3. schwer – sicher,
4. schwer – schnell.

Als Folgetests werden abhängige t-Tests berechnet. Die Alphafehleradjustierung erfolgte nach BONFERRONI.

5.3.1 Variation von Streckenschwierigkeit und Instruktion

Fahrdaten

Die Auswertung der gewählten Geschwindigkeit zeigt zunächst, dass die Variation der Instruktion gelungen ist. Wenn die Fahrer gemäß Instruktion schnell fahren sollen, tun sie das auch. Wie zu erwarten war, wird auf der leichten Strecke schneller gefahren als auf der schweren. In der Variation der Geschwindigkeit unterscheiden sich die Strecken leicht/schnell und schwer/sicher nicht. Alle anderen Variationen sind signifikant. D. h., auf der leichten Strecke ist die Variation geringer als auf der schweren und in der Instruktion sicher ist die Variation ebenso geringer.

Bei der Betrachtung der Verzögerung gliedern sich die Versuchsbedingungen in drei Gruppen, die sich signifikant voneinander unterscheiden:

- Leicht/sicher: geringste maximale Verzögerung und geringste Standardabweichung der Verzögerung.
- Leicht/schnell + schwer/sicher: mittlere maximale Verzögerung und mittlere sd der Verzögerung.

- Schwer/schnell: extreme Werte für die Verzögerung.

In der Spurhaltung gibt es signifikante Unterschiede für die Position in der Spur nur auf der schweren Strecke. Hier wird unter der Instruktion „sicher“ eher in der Mitte der Spur gefahren, unter der Instruktion „schnell“ tendenziell weiter links. Die SDLP (Standardabweichung der Querabweichung) unterscheidet sich nicht signifikant bezogen auf die Streckenschwierigkeit. Sie unterscheidet sich jedoch signifikant bezogen auf die Instruktion. Unter der Instruktion „schnell“ vergrößert sich die SDLP um nahezu 20 cm.

Alle Variationen ergeben signifikante Unterschiede bezogen auf die Richtungswechsel im Rollwinkel. Auf der schweren Strecke finden, wie zu erwarten, da es mehr Kurven gibt, insgesamt mehr Richtungswechsel statt. Unter der Instruktion „schnell“ finden jedoch wieder weniger Richtungswechsel statt. Dies spricht dafür, dass das Motorradfahren fokussierter bzw. ruhiger wird, wenn die Fahraufgabe anspruchsvoller wird.

Grafiken zu den einzelnen Ergebnissen sind in Bild 41 zu finden.

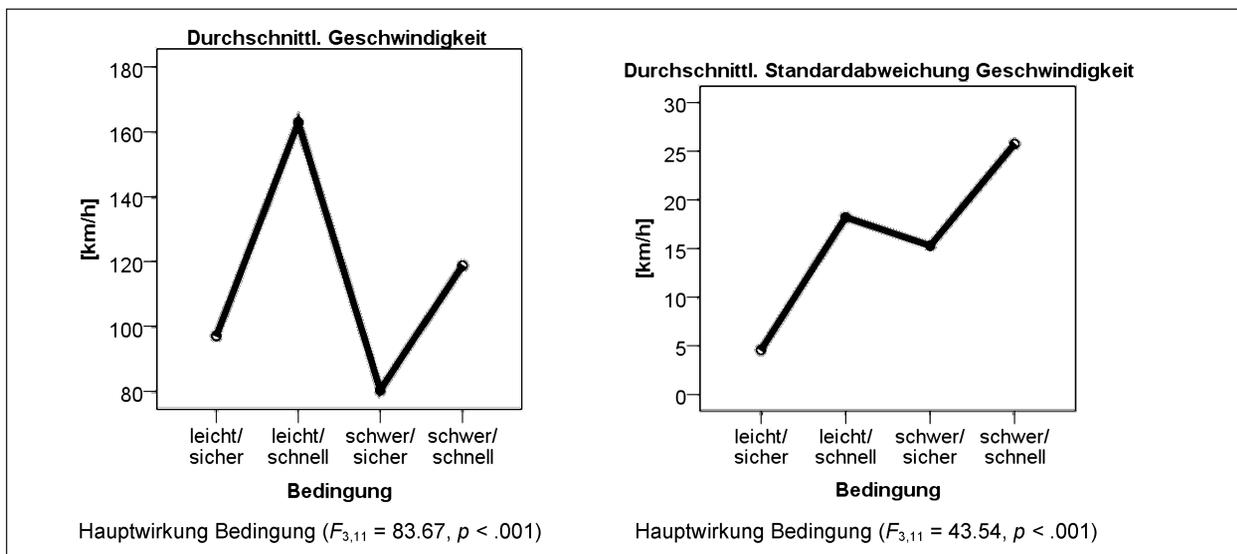


Bild 41: Ergebnisse aus der abhängigen Varianzanalyse zu den Fahrdaten auf den kurzen Strecken

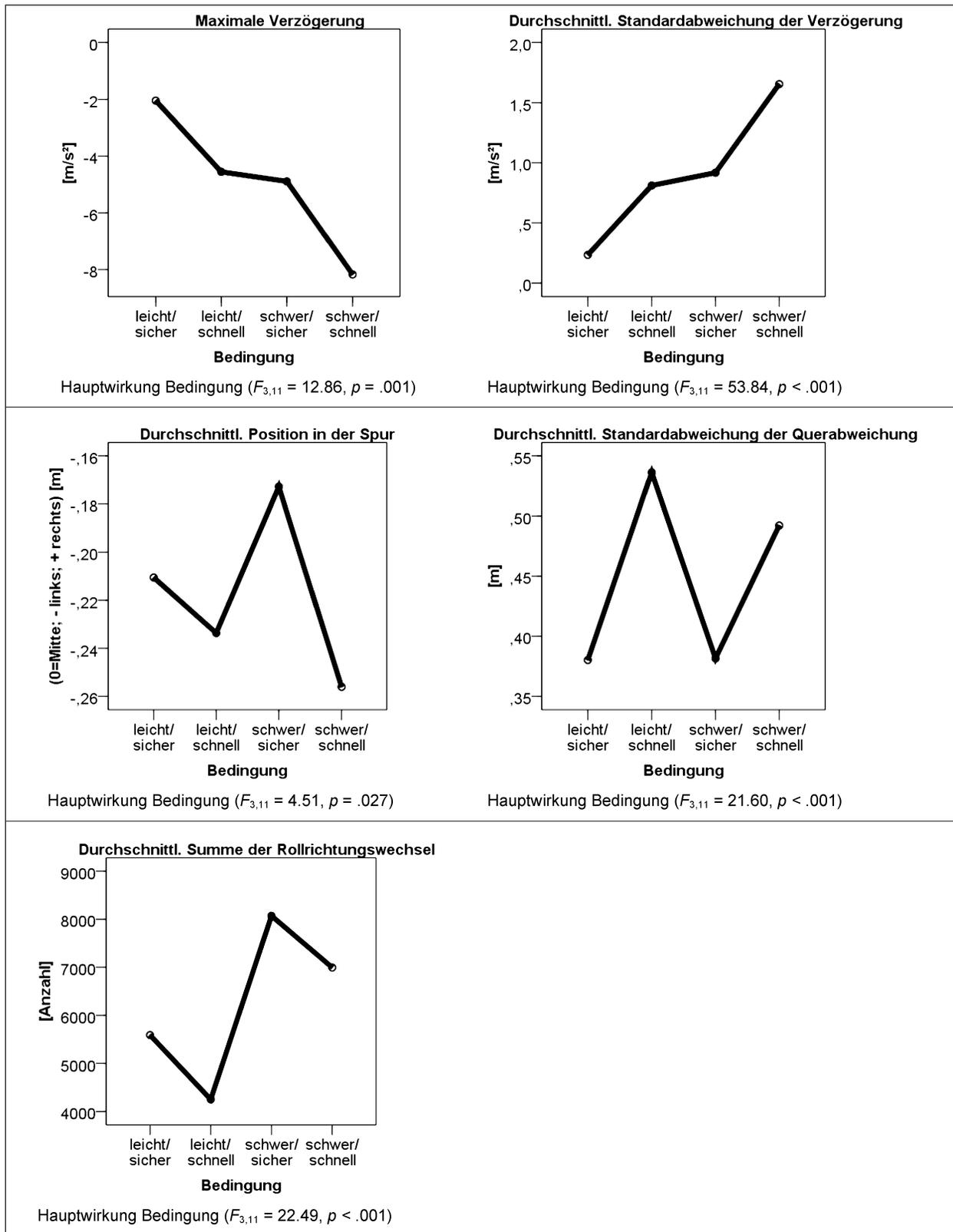


Bild 41: Fortsetzung

Physiologische Daten

Der durchschnittliche Puls reagiert im Wesentlichen auf die Instruktion. Unter der Bedingung „schnell“ liegt er signifikant höher.

Darüber hinaus liegt der durchschnittliche Puls in der leichten Strecke unter der Instruktion „sicher“ signifikant niedriger als in allen anderen Bedingungen (vgl. Bild 42 links).

In der Varianz des Pulses unterscheidet sich Bedingung 1 (leichte Strecke, Instruktion „sicher“) signifikant von allen anderen Bedingungen. Sie hebt sich mit niedrigeren Werten ab. Die drei anderen Bedingungen unterscheiden sich kaum (vgl. Bild 42 rechts).

Subjektive Daten

Wie in manchen Parametern der Fahrdaten ergibt es sich auch in den subjektiven Daten, dass sich im Wesentlichen drei Gruppen bilden:

- Leicht/sicher: niedrigste Beanspruchung auf allen Skalen.
- Leicht/schnell + schwer/sicher: mittlere Beanspruchung.
- Schwer/schnell: höchste Beanspruchung.

Eine Ausnahme findet man in der Skala Frustration: Hier gibt es keinen Unterschied bezogen auf die verschiedenen Bedingungen. Die Ergebnisse der

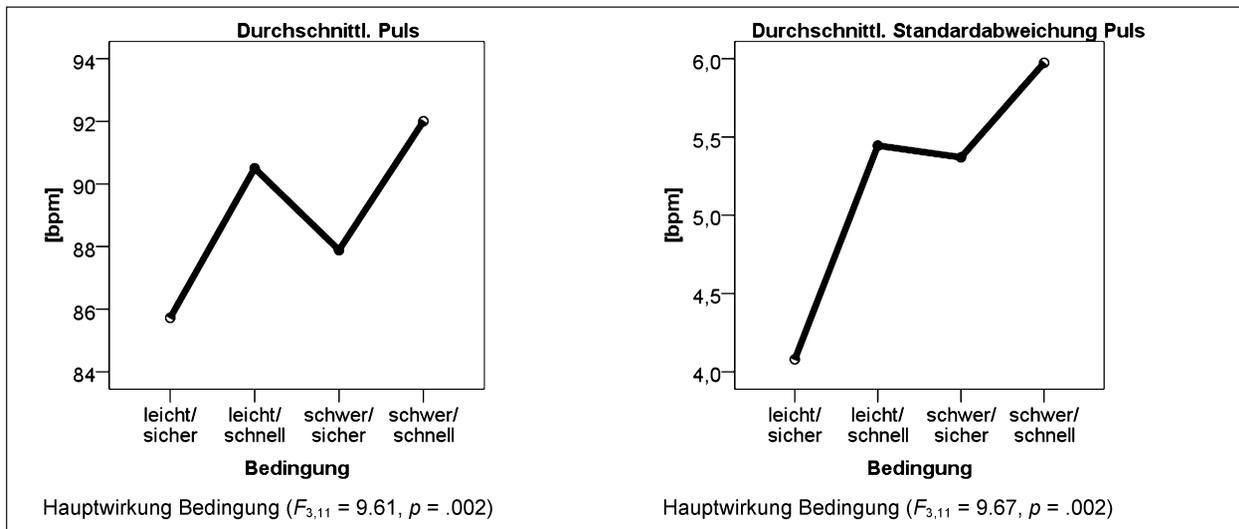


Bild 42: Ergebnisse aus der abhängigen Varianzanalyse zu den physiologischen Daten auf den kurzen Strecken

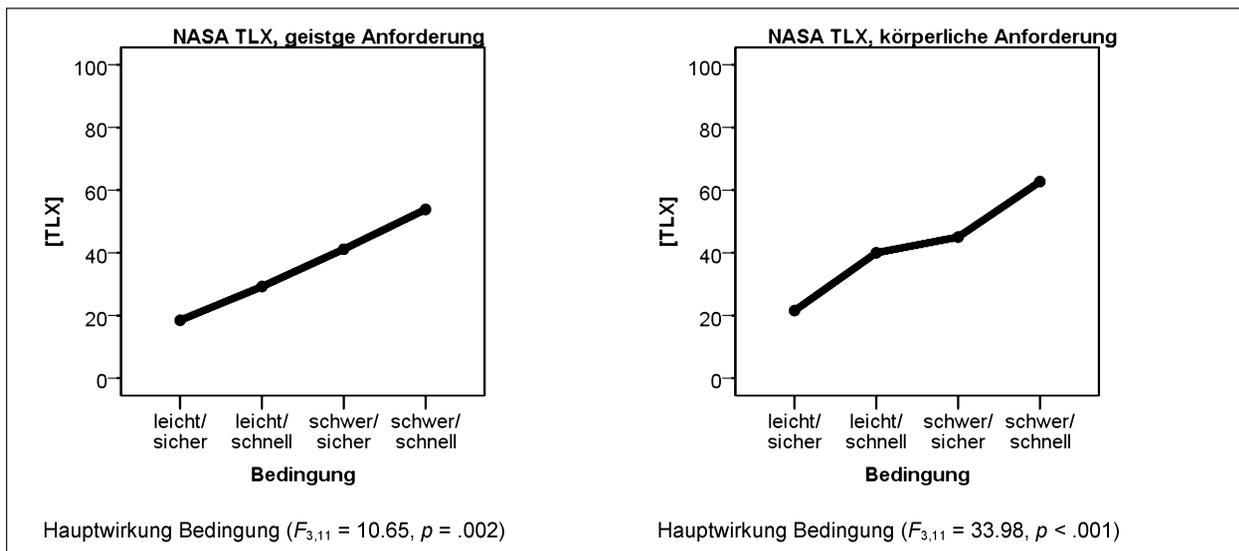


Bild 43: Ergebnisse aus der abhängigen Varianzanalyse zu den subjektiven Daten auf den kurzen Strecken

subjektiven Daten sind in Bild 43 grafisch veranschaulicht.

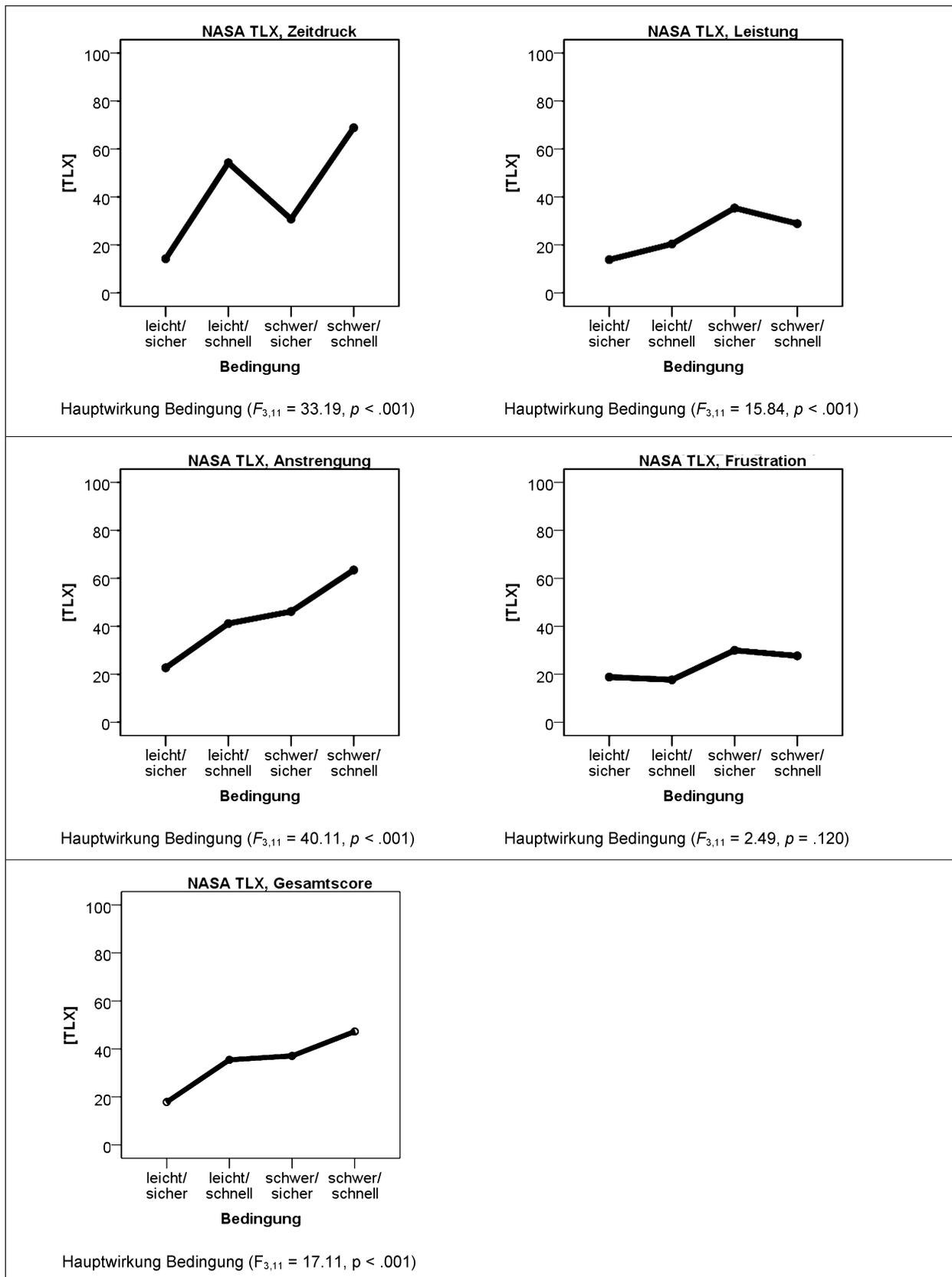


Bild 43: Fortsetzung

5.3.2 Variation der Fahrdauer

Bei der Darstellung der Veränderung der Messgrößen über eine längere Fahrdauer wird die Stunde Fahrtzeit in 10-minütige Abschnitte unterteilt. Bei den ersten zehn Minuten handelt es sich um ein Einfahren auf gerader Strecke mit konstant 100 km/h. Dies dient dazu, dass sich die Fahrer an die Motorradsimulation gewöhnen und einen gleichmäßigen Ausgangspuls haben. In den Grafiken werden diese Werte nicht dargestellt. Die fünf dargestellten zehnminütigen Intervalle sind die relevanten physiologischen Werte, die unter der entsprechenden Bedingung gefahren wurden.

Es zeigt sich (vgl. Bild 44), dass sich weder die Geschwindigkeit noch die Variation der Spurgüte über den Verlauf einer Stunde verändern. Gleiches gilt für den mittleren Puls. Was die Beurteilung der Beanspruchung angeht, findet man einen signi-

fikanten Anstieg. Die Fahrer starten bei mittlerer Beanspruchung und gelangen an Extremwerte zum Ende einer Fahrt.

Die Qualität der Fahrleistung bleibt über den Verlauf einer Stunde also erhalten, die Kosten zur Aufrechterhaltung dieser Leistung steigen allerdings enorm an.

5.4 Vergleich der Beanspruchung beim Fahren von Pkw und Motorrad

5.4.1 Fragestellung

In Ermangelung einschlägiger Forschungsergebnisse zur Beanspruchung von Motorradfahrern musste in der Antragsphase des o. g. Projekts auf Ergebnisse aus dem Automobilbereich zurückgegriffen werden. Da im vorliegenden Projekt Ergeb-

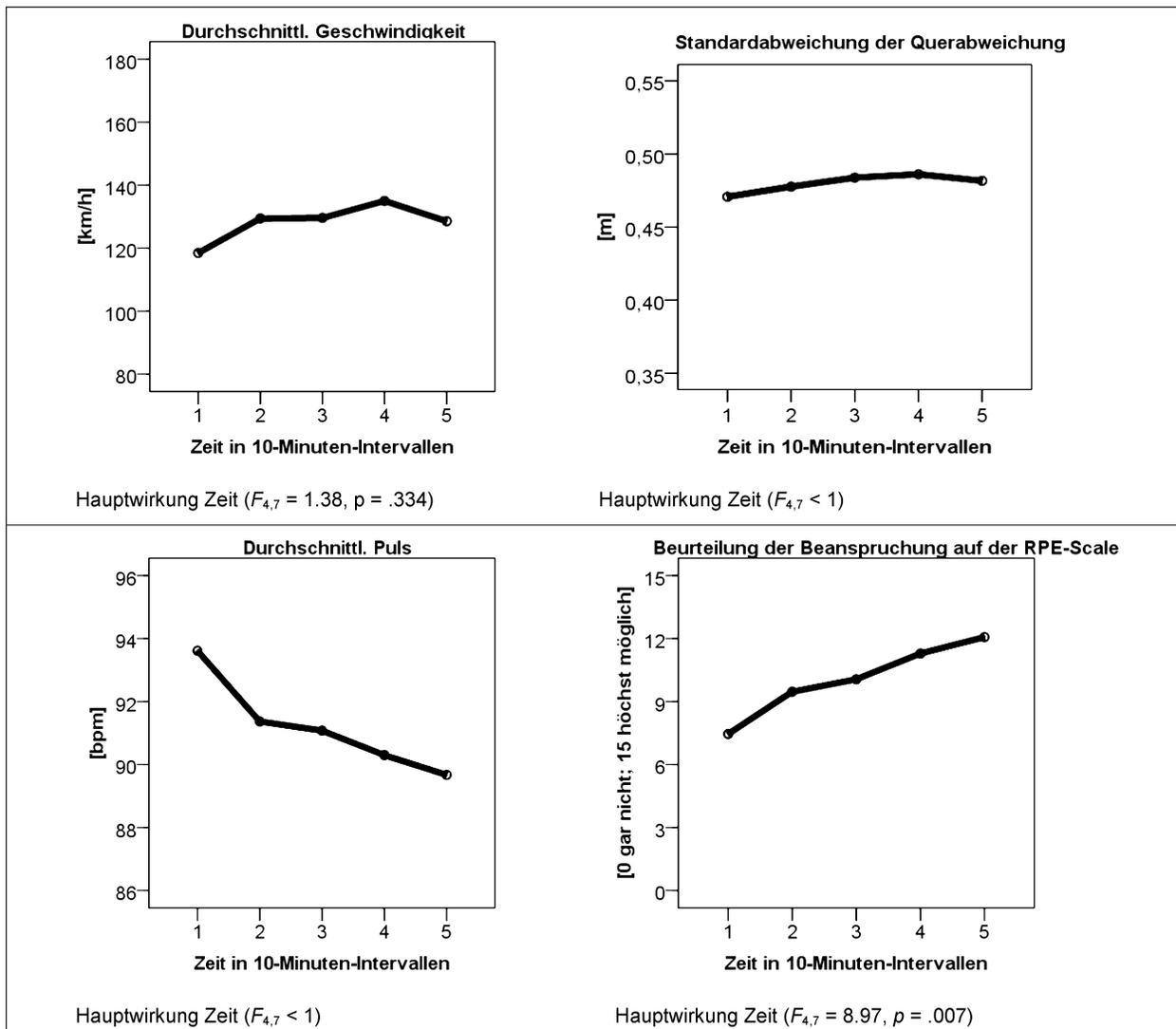


Bild 44: Variation der Messgrößen über längere Fahrdauer

nisse zur Beanspruchung von Motorradfahrern gewonnen wurden, ergab sich die Möglichkeit, die Beanspruchung von Autofahrern einem direkten empirischen Vergleich zu unterziehen.

Wäre die Beanspruchung auf dem Motorrad gleich der beim Führen des Pkw, könnte man für den Bereich Assistenz- und Information auf dem Motorrad auf bewährte Systeme und Erkenntnisse zurückgreifen. Sie müssten lediglich an die Ergonomie des Motorradfahrens angepasst werden. Stimmt sie nicht überein, tut sich ein komplett neuer Forschungszweig auf, den es zu bearbeiten gilt, bevor man das Motorrad mit Assistenz- und Informationssystemen ausstattet und im Extremfall die Fahr-sicherheit gefährdet.

Es ergibt sich also die Forschungsfrage:

Unterscheidet sich die Beanspruchung beim Führen eines Motorrads von der beim Führen eines Pkw? Und wenn ja, in welcher Form?

Neben dem Motorrad-Simulator ist am WIVW ein Pkw-Simulator vorhanden. Die für das Motorrad entwickelten Versuchsstrecken wurden auf die Pkw-Simulation übertragen. Die Methodik sowie Versuchsablauf wurden gleich gehalten.

Alle Probanden waren lokal verfügbar und bereits mit der Pkw-Simulation vertraut, sodass das Fahren in beiden Testumgebungen logistisch einfach umsetzbar war.

5.4.2 Methode

Stichprobe, Versuchsplan, Versuchsablauf und Instruktion wurden analog zum Motorradversuch in die Pkw-Simulation übernommen (vgl. Kapitel 5.2).

Jeder Fahrer absolvierte also dieselbe Versuchssitzung zweimal: einmal auf dem Motorrad-Simulator, einmal im Pkw-Simulator. Die Reihenfolge wurde randomisiert zugewiesen.

5.4.3 Ergebnisse

Fahrdaten

Die Fahrdaten zeigen, dass mit dem Motorrad schneller gefahren wird. Die Variation der Verzögerung ist stärker und es wird weiter links gefahren. Die SDLP ist im Pkw ca. 10 cm geringer als im Motorrad. Grafische Darstellungen sind unter Bild 45 zusammengefasst.

Physiologische Daten

Betrachtet man die Pulswerte der Fahrer, so zeigen sich für dieselben Fahrer signifikant höherer Werte im Motorrad-Simulator. Die Variation des Pulses unterscheidet sich nicht signifikant (vgl. Bild 46).

Subjektive Daten

Die subjektive Beurteilung auf dem NASA-TLX am Ende der Fahrt zeigt über alle Werte gemittelt zunächst keinen Unterschied zwischen Motorrad und Pkw. Eine grafische Darstellung der Ergebnisse ist in Bild 47 zu finden.

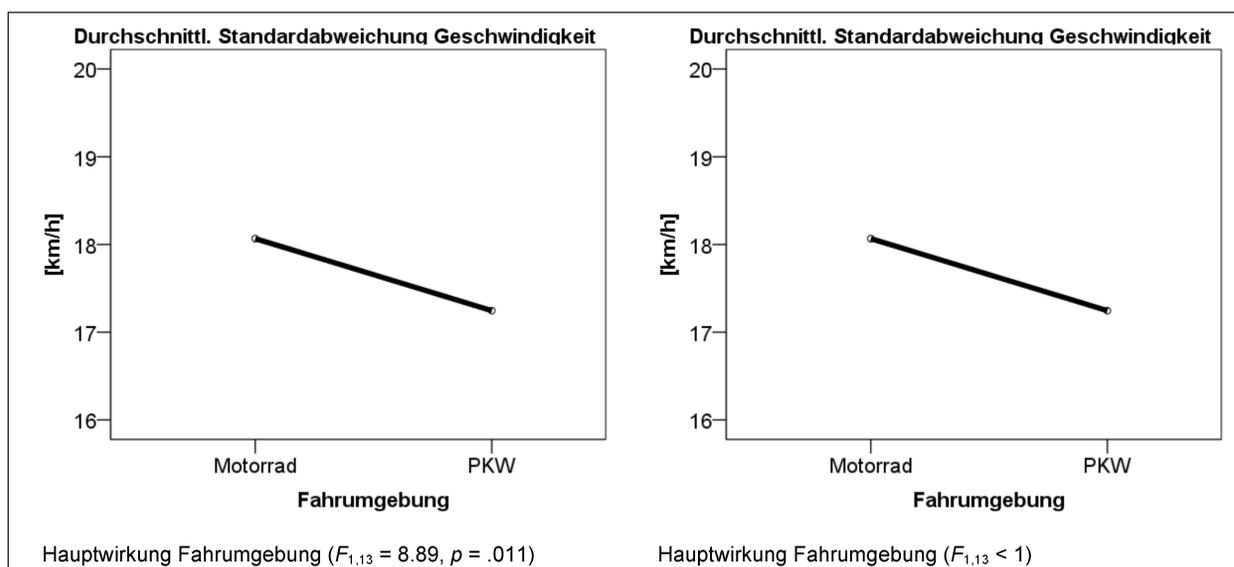


Bild 45: Abhängiger Vergleich der Fahrdaten zwischen den zwei Fahrumgebungen Motorrad- und Pkw-Simulator

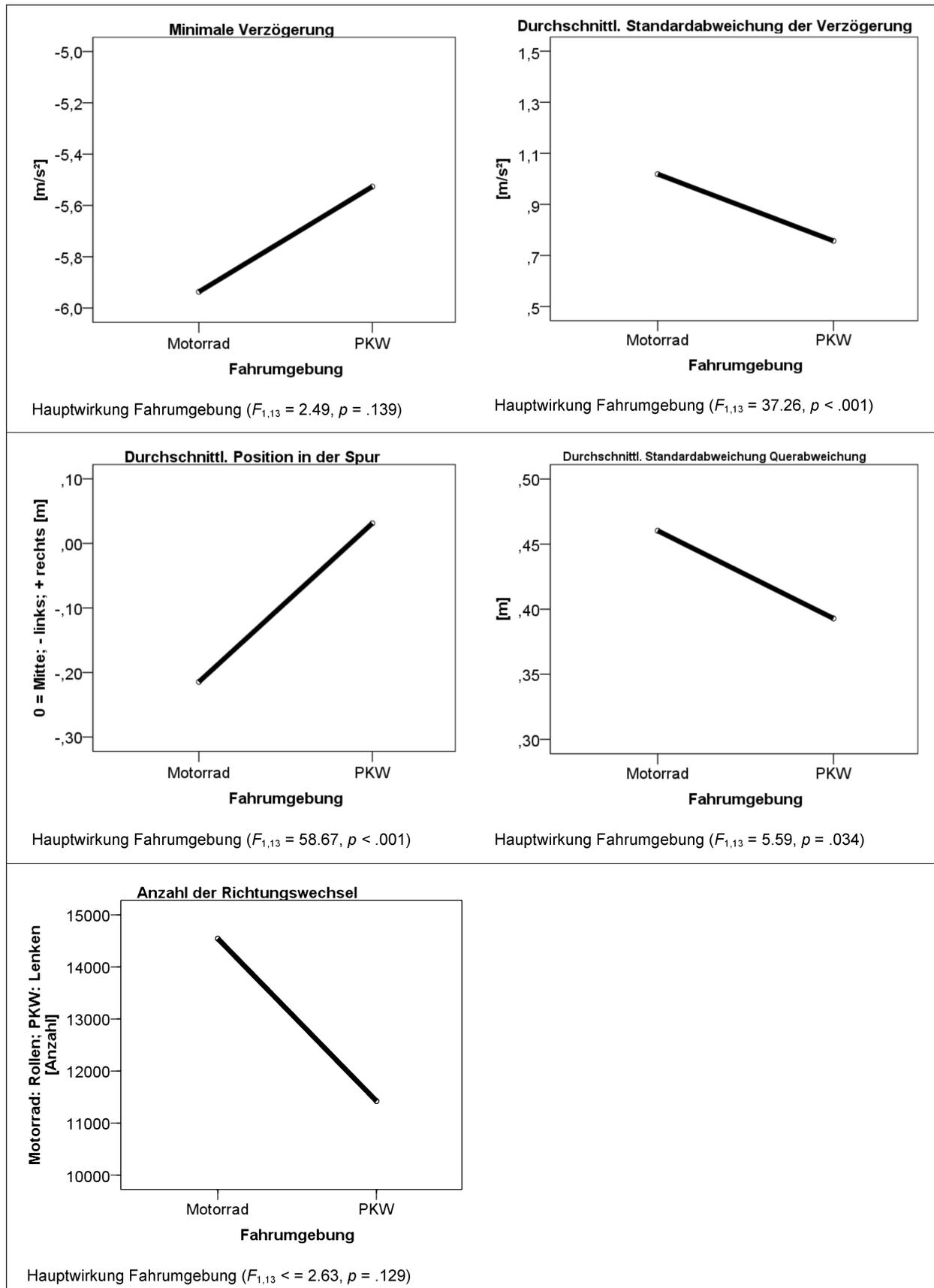


Bild 45: Fortsetzung

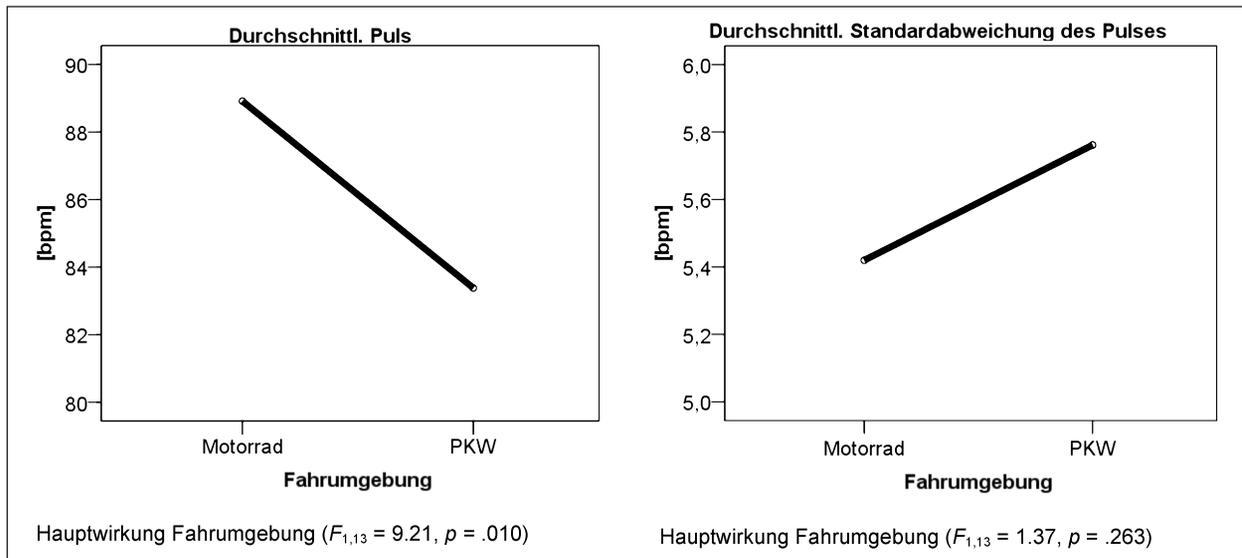


Bild 46: Abhängiger Vergleich der Pulsdaten zwischen den zwei Fahrumsgebungen Motorrad- und Pkw-Simulator

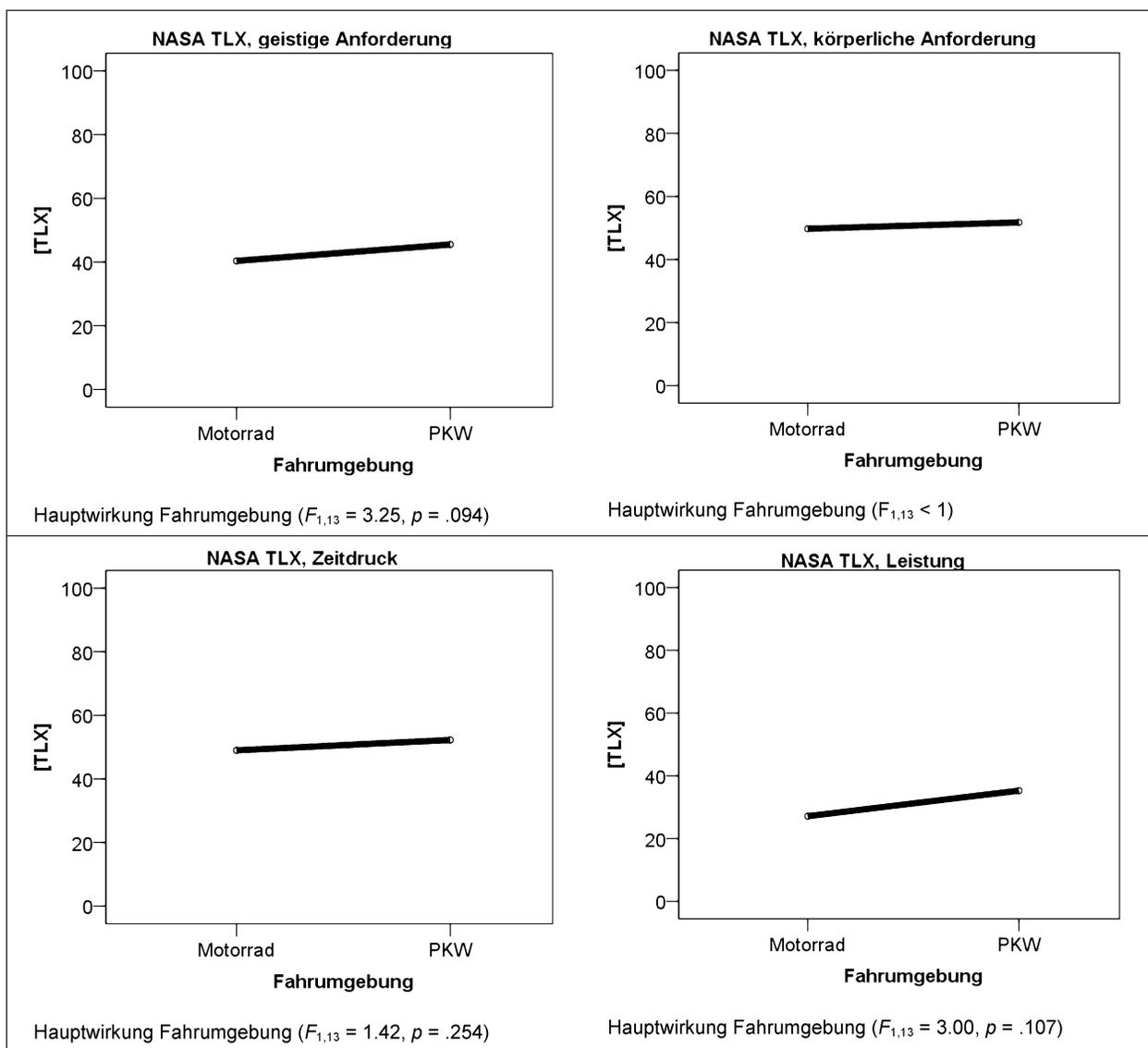


Bild 47: Abhängiger Vergleich der subjektiven Daten zwischen den zwei Fahrumsgebungen Motorrad- und Pkw-Simulator

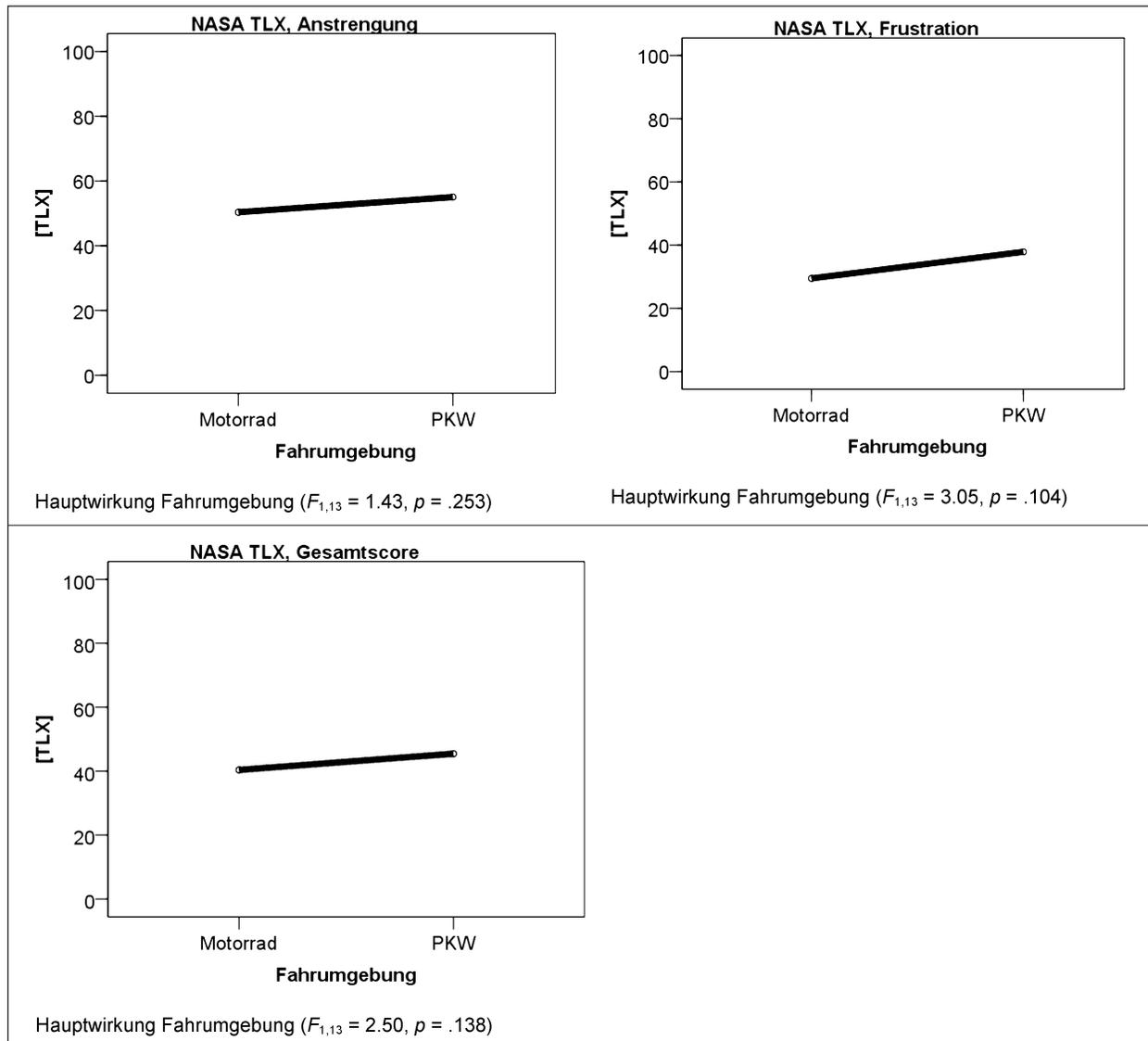


Bild 47: Fortsetzung

5.4.4 Diskussion

Die Fahrdaten zeigen, dass dieselben Fahrer dieselben Strecken unter der gleichen Instruktion mit dem Motorrad deutlich dynamischer fahren. Auch im Puls findet man höhere Werte, was auf eine höhere körperliche Beanspruchung schließen lässt. Subjektiv ergeben sich keine erlebten Unterschiede. Die Tendenz geht allerdings zu einer niedrigeren Beanspruchung beim Motorradfahren. Dies könnte für einen Befund, der aus der Arbeitspsychologie bekannt ist, sprechen, muss aber noch differenzierter betrachtet werden (BULD, 2000): Beanspruchung, die aus Belastung resultiert und bewältigbar ist, bereitet Freude. Man kann etwas Schwieriges. Das macht Spaß!

Vor diesem Hintergrund müssten Assistenz- und Informationssysteme auf dem Motorrad ggf. grund-

sätzlich anders gestaltet sein als im Pkw. Systeme, die dem Motorradfahrer Aufgaben des Fahrens abnehmen, werden keine große Akzeptanz erlangen.

6 Abstimmung von Fahren und Bedienen

6.1 Auswirkung der Blickabwendung anhand der Okklusionsmethode

Die Okklusionsmethode wird üblicherweise herangezogen, um die visuelle Belastung durch eine Aufgabe zu überprüfen. Während einer Okklusionsphase werden relevante Aufgabenmerkmale verdeckt. Der Proband ist aufgefordert, seine Aufgabe dennoch gut auszuführen. Durch systematische

Kontrolle und Variation der Zeitintervalle der Verdeckung können wichtige Ergebnisse zur visuellen Ablenkung einer Aufgabe gewonnen werden.

Beim Fahren kann die Okklusion als Metapher für Blickabwendung gesehen werden. Dem Fahrer wird das Bild in systematischen Abständen genommen, ähnlich wie es wäre, wenn er sich mit Informationssystemen beschäftigen würde, statt die Fahrbahn zu beachten.

Da es für das Motorradfahren noch keine Aussagen zur Auswirkung der Blickabwendung auf das Fahrverhalten gibt, wurde dieser stark experimentelle Ansatz gewählt, um einen ersten Eindruck zu gewinnen.

6.2 Fragestellung

Es ergeben sich zwei zentrale Fragestellungen:

- Weiß ein Fahrer, wann und wie lange er seinen Blick von der Straße abwenden kann? Gibt es bezogen auf die Streckenschwierigkeit unterschiedlich lange Okklusionszeiten?

Die Okklusion ist hier abhängige Variable. Dem Fahrer bleibt es selbst überlassen, das Bild zu verdunkeln bzw. sich zurück auf die Straße zu orientieren. Die Dauer und der genaue Zeitpunkt sowie die Auswirkung der Okklusion sind hier Messgrößen.

- Ab wann ist Blickabwendung nicht mehr tolerierbar? Wie lange kann man eine gute Spurhaltung bzw. ein unfallfreies Fahren aufrechterhalten?

In diesem Fall wird die Okklusion als unabhängige Variable betrachtet. Dem Fahrer wird der Start der Okklusion vorgegeben, er kann sie aber durch einen Tastendruck beenden. Untersucht wird dann die Zeit, die sich Fahrer eine Blickabwendung zugestehen. Die Dauer der Okklusion ist damit abhängige Variable.

6.3 Methode

6.3.1 Instruktion

Da die Fahrer einen Anreiz benötigen, das Bild auch tatsächlich zu verdunkeln, wurde ein Bonus-system entwickelt. Für Blickabwendungszeit wird der Fahrer belohnt, für Fahrfehler gibt es Strafpunkte.

Einführung

„Heute geht es uns darum, herauszufinden, wie lange ein Fahrer den Blick von der Straße abwenden kann, ohne sich zu gefährden. In den kommenden acht 10-minütigen Teststrecken wird dazu die Blickabwendung von Fahrern simuliert, indem immer wieder die Sicht auf die Straße genommen wird. Entweder verdunkelt sich das Bild automatisch, mit den Optionen, dass Sie das Bild zurückholen bzw. es für eine kurze festgelegte Zeit wegbleibt, oder Sie haben die Möglichkeit, das Bild von sich aus zu verdunkeln und wiederzuholen. Wie das geht, sage und zeige ich Ihnen vor den jeweiligen Fahrten.“

Wenn Sie es schaffen, am Ende des heutigen Termins 3 Minuten fehlerfrei gefahrene Zeit bei verdunkeltem Bild angesammelt zu haben, erhöht sich Ihr heutiges Testfahrerhonorar um 5 Euro. Weil wir niemanden positiv oder negativ beeinflussen möchten, werde ich erst am Ende des Versuches etwas über die fehlerfrei gefahrene Verdunklungszeit sagen.

Die drei Fahrer mit der längsten fehlerfreien Verdunklungszeit können sich zudem auf einen Buchgutschein im Wert von 20 Euro freuen. Dazu können wir leider erst am Ende der Versuchsreihe etwas sagen. Sollten Sie dazugehören, bekommen Sie dann eine entsprechende Benachrichtigung.“

Manuell-automatische Okklusion

In dieser Bedingung wird das Bild ohne Zutun des Fahrers alle 7-10 s schwarz. Der Fahrer kann es durch Knopfdruck wieder zurückholen, wenn er meint, dass eine sichere Fahrweise nicht mehr gewährleistet ist.

„Bitte fahren Sie ganz sicher. Während der Fahrt wird Ihnen immer wieder die Sicht auf die Straße genommen, indem sich das Bild verdunkelt. Wenn Sie der Meinung sind, dass ohne Bild eine sichere Fahrweise nicht mehr gewährleistet ist, holen Sie sich das Bild durch einen Knopfdruck (Knopf zeigen) wieder zurück. Das Bild kommt ohne Knopfdruck nicht wieder.“

Bitte lassen Sie das Bild während der Fahrt, solange es Ihnen möglich erscheint, weg. Dabei dürfen Sie in der verdunkelten Phase keine Fahrfehler machen – d. h. nicht von der Fahrbahn abkommen, nicht kollidieren und nicht schneller als 100, aber auch keinesfalls langsamer als 60 km/h fahren, wenn es die Verkehrssituation nicht dringend erfordert. Sie können jetzt losfahren.“

Manuelle Okklusion

In dieser Bedingung schaltet der Fahrer das Bild selbst weg und holt es sich zurück, wenn ein sicheres Fahren nicht mehr gewährleistet scheint.

„Bitte fahren Sie ganz sicher. Während der Fahrt sollen Sie, sooft es Ihnen möglich ist, die Sicht auf die Straße verdunkeln, indem Sie mit dem Daumen der linken Hand auf diesen Knopf drücken (Knopf zeigen). Wenn Sie der Meinung sind, dass ohne Bild eine sichere Fahrweise nicht mehr gewährleistet ist, holen Sie sich das Bild durch einen weiteren Knopfdruck wieder zurück.“

Bitte schalten Sie das Bild während der Fahrt, sooft und solange es Ihnen möglich erscheint, weg. Dabei dürfen Sie in der verdunkelten Phase keine Fahrfehler machen – d. h. nicht von der Fahrbahn abkommen, nicht kollidieren und nicht schneller als 100 km/h, aber auch keinesfalls langsamer als 60 km/h fahren, wenn es die Verkehrssituation nicht dringend erfordert. Sie können jetzt losfahren.“

6.3.2 Untersuchungsplan

Insgesamt ergeben sich durch Variation der Streckenarten und Okklusionsbedingungen 6 Fahrten für jeden Versuchstermin. Diese werden mit den jeweiligen Messgrößen in Tabelle 7 überblicksartig dargestellt.

Am Versuch nahmen 18 Fahrer teil. Die Bedingungen wurden in einem abhängigen Plan abgearbeitet. Jeder Fahrer fuhr alle Bedingungen in randomisierter Reihenfolge.

6.3.3 Stichprobe

Die Stichprobe bestand aus 15 Männern und 3 Frauen. Im Durchschnitt waren die Fahrer 38 Jahre alt. Sie kommen aus unterschiedlichsten Berufsgruppen. Im Schnitt nutzten die Probanden das Motorrad im letzten Jahr 3.200 km. Es gibt jedoch einige Extreme, die im letzten Jahr gar nicht bzw. bis zu 10.000 km gefahren sind.

6.4 Ergebnisse

6.4.1 Okklusionsdauer und -häufigkeit

Im ersten Schritt werden Unterschiede bezogen auf die Streckenart dargestellt, im zweiten bezogen auf die Kurvigkeit der Strecke.

Streckenart

In beiden Streckenschwierigkeiten wird das Bild gleich häufig weggedrückt. Einen signifikanten Unterschied gibt es für die Okklusionsbedingung. In der manuellen Bedingung wird das Bild häufiger weggeschaltet als in der manuell-automatischen. D. h., wenn die Fahrer frei über die Okklusion entscheiden können, schalten sie das Bild häufiger weg, als es in der automatischen Bedingung randomisiert passiert ist (vgl. Bild 48).

Die durchschnittliche Okklusionsdauer beträgt in der selbst gewählten Bedingung für leicht 2.42 s (sd 0.78 s), für schwierig 1.79 s (sd 0.53 s). In der manuell-automatischen Bedingung für leicht 2.63 s (sd 0.71 s), für schwierig 1.56 s (sd 0.45 s).

Okklusionsbedingung	Baseline ohne Okklusion	Automatisch verdunkelt, manuell zurück	Manuell verdunkelt, manuell zurück
Strecken	<ul style="list-style-type: none"> • leicht • schwer 	<ul style="list-style-type: none"> • leicht • schwer 	<ul style="list-style-type: none"> • leicht • schwer
Messgrößen	<ul style="list-style-type: none"> • Geschwindigkeit • Verzögerung • Spurhaltung • Rollwinkel-Richtungswechsel • Kollisionen 	<ul style="list-style-type: none"> • Okklusionszeit • Geschwindigkeit • Verzögerung • Spurhaltung • Rollwinkel-Richtungswechsel • Kollisionen 	<ul style="list-style-type: none"> • Okklusionszeit • Geschwindigkeit • Verzögerung • Spurhaltung • Rollwinkel-Richtungswechsel • Kollisionen

Tab. 7: Bedingungen der sechs Versuchsfahrten

Auf der leichten Strecke wird das Bild insgesamt also länger weggedrückt als auf der schwierigen. Die Standardabweichung der durchschnittlichen Okklusionszeit ist auf der leichten Strecke ebenso höher.

Auf der leichten Strecke sind die Okklusionszeiten in der manuellen Bedingung kürzer, als in der manuell-automatischen Bedingung. Auf der schwierigen Strecke ist es überraschenderweise umgekehrt. Hier ist die mittlere Okklusionsdauer in der manuellen Bedingung länger.

6.4.2 Fahrweise mit vs. ohne Okklusion

Mit Okklusion wird schneller gefahren. Vor allem dann, wenn die Fahrer frei über die Okklusion entscheiden konnten. Die Verzögerungen in der verdunkelten Zeit fallen signifikant geringer aus – man weiß ja nicht, ob etwas da ist, für das man bremsen sollte. Ähnlich verhält es sich mit den Rollrichtungswechseln. Während der verdunkelten Zeit gibt es weniger Rollrichtungswechsel, die SDLP wird geringer. Das Fahren wird also weniger dynamisch. Insgesamt wird unter Okklusion weiter links gefahren. Bild 49 stellt die Ergebnisse grafisch dar.

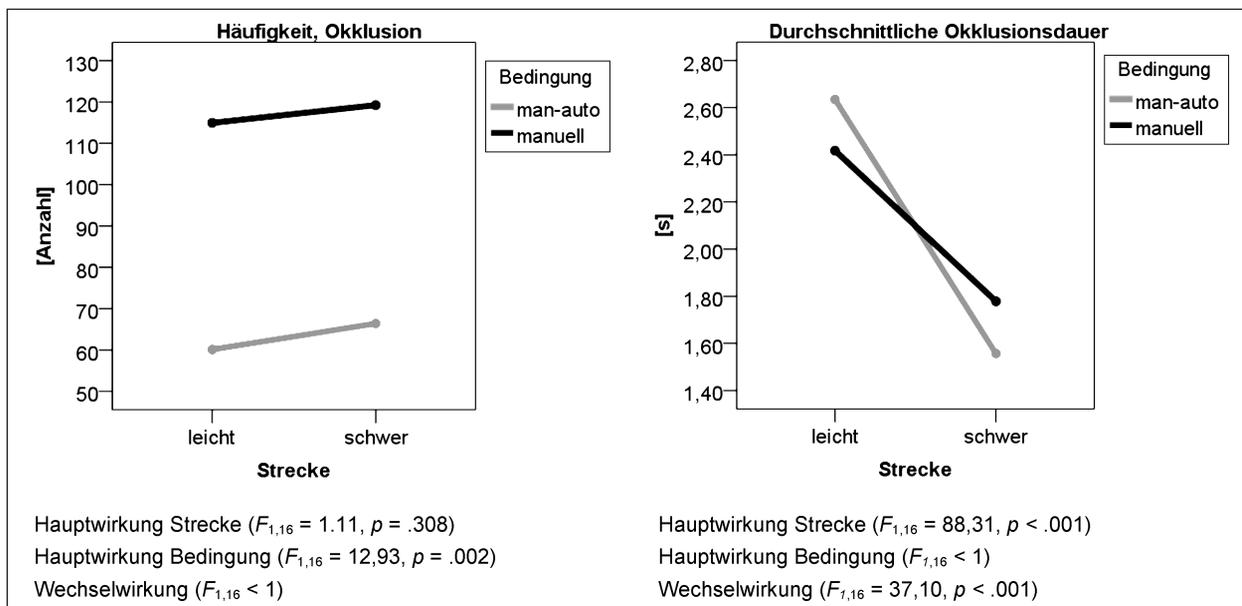


Bild 48: Ergebnisse der Okklusion nach Strecke und Okklusionsbedingung

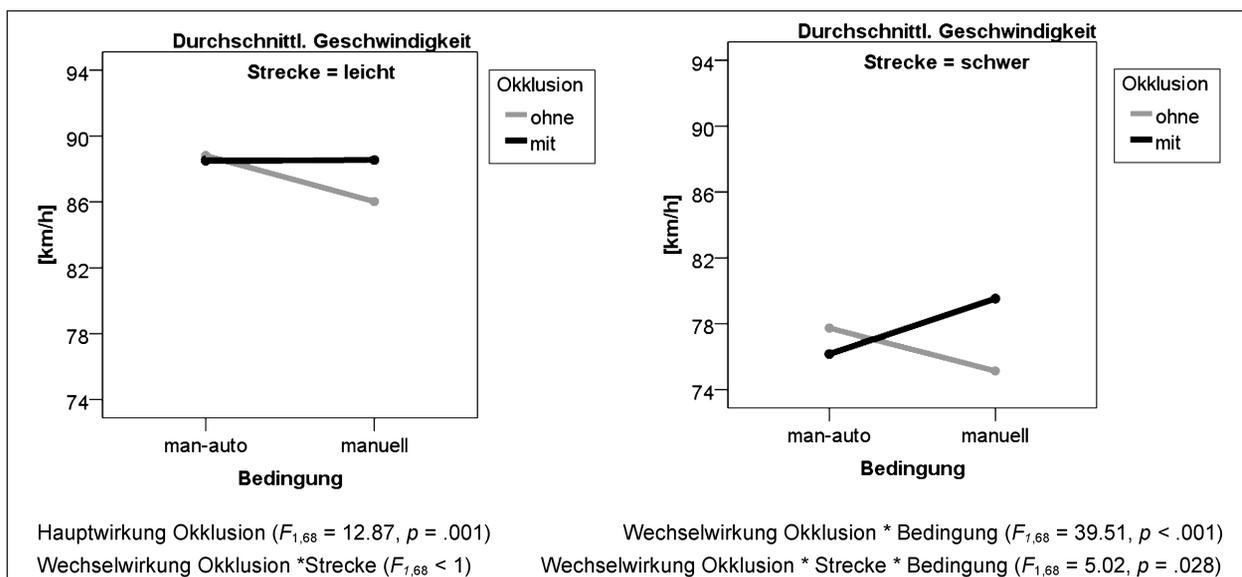


Bild 49: Ergebnisse der Okklusion nach Okklusionsbedingung

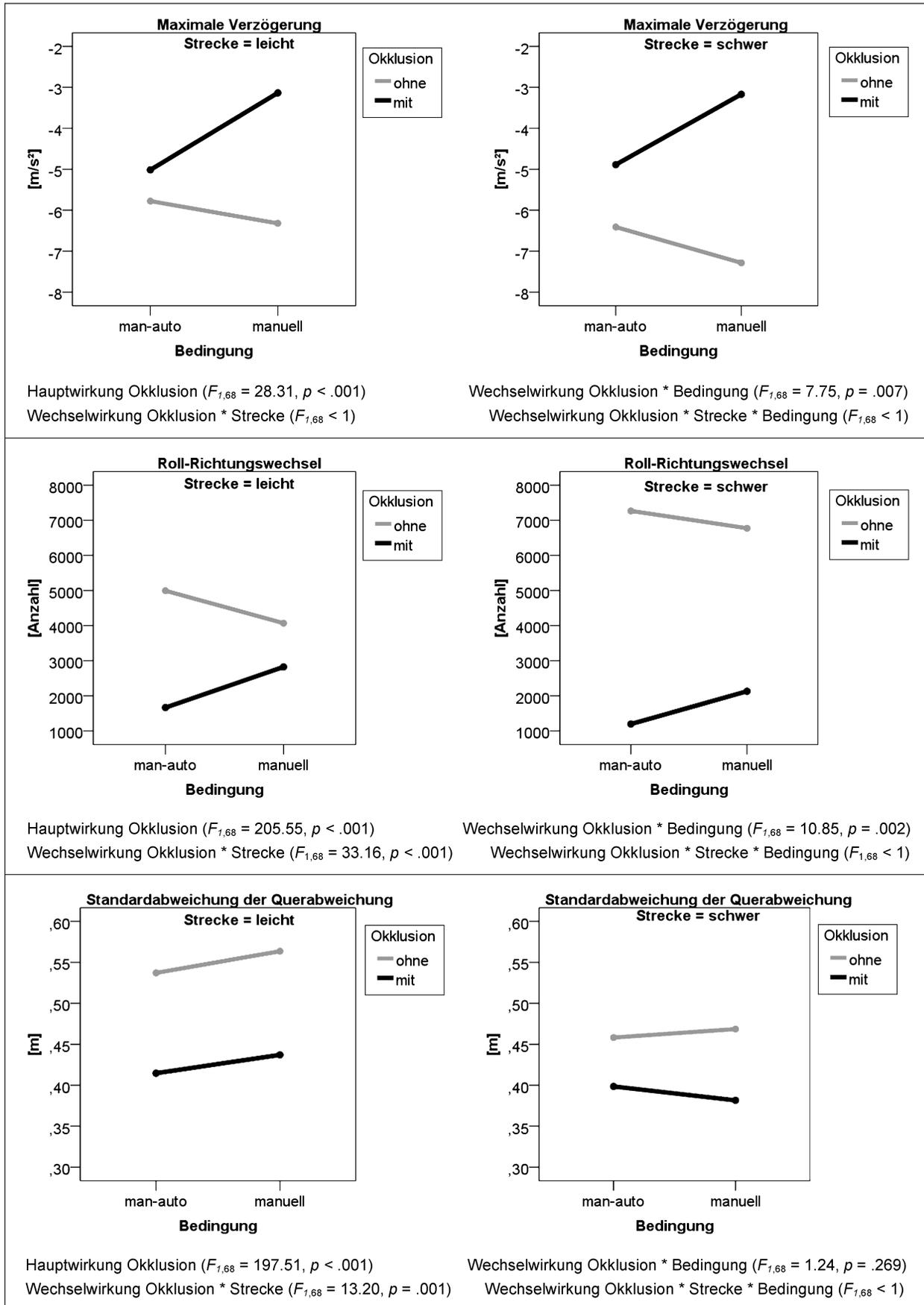


Bild 49: Fortsetzung

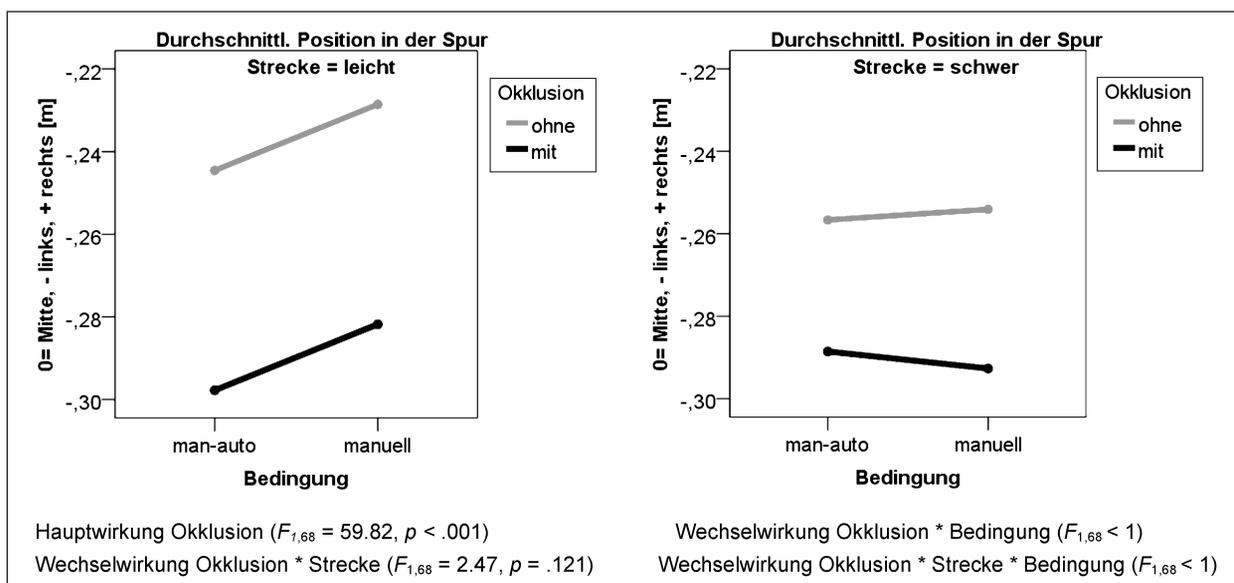


Bild 49: Fortsetzung

6.5 Die Auswirkung der Bearbeitung unterschiedlicher Nebenaufgaben auf die Beanspruchung

6.5.1 Fragestellung

Da bereits einige Motorradhersteller die Bedienung eines Bordcomputers während des Motorradfahrens ermöglichen und auch Zubehörhersteller mobile Systeme zur Nutzung auf dem Motorrad anbieten, ergibt sich eine dringende Notwendigkeit, sich mit den Auswirkungen der Nutzung solcher Systeme während des Fahrens zu beschäftigen. Aus diesen Entwicklungen ergibt sich die folgende Fragestellung:

Welche Auswirkung hat das Fahren unter Bedingungen der gleichzeitigen Bearbeitung qualitativ verschiedener Nebenaufgaben auf die Beanspruchung der Fahrer und auf das Fahrerverhalten auf unterschiedlich schwierigen Fahrstrecken?

6.5.2 Methode

Untersuchungsplan

Zur Bearbeitung der Fragestellung wurde ein abhängiger Untersuchungsplan entworfen. Das heißt, alle Fahrer wurden mit allen Nebenaufgaben konfrontiert und mussten diese in zwei verschiedenen Streckenschwierigkeiten fahren. Es wurden drei verschiedene Nebenaufgaben umgesetzt und eine Vergleichsfahrt ohne Nebenaufgabe absolviert (vgl. Bild 50).

Visuelle Nebenaufgabe

Die visuelle Nebenaufgabe wurde in Anlehnung an die PDT (Peripheral Detection Task; van WINSUM et al., 1999) gestaltet (vgl. auch HAUMANN & KRAUTSCHEID, 2004). Im peripheren Sichtfeld des Motorradfahrers wurde ein Leuchtdiodenfeld angebracht. Das Aufleuchten der LED musste mit einem Knopfdruck am linken Lenkradhebel bestätigt werden.

Manuelle Nebenaufgabe

Das Simulationsmotorrad ist mit einem Bordcomputer ausgestattet, der über Touchscreen bedienbar ist. Das Menüsystem ist ein rein experimentelles System, das jedoch an handelsübliche Bordcomputer angelehnt ist. Die Fahrer waren aufgefordert, Menüaufgaben zu erledigen, beispielsweise: „Stellen Sie den Radiosender Deutschlandfunk ein.“ Durch Scrollen im Menü und Bestätigen über „touch“ konnte die Aufgabe erfolgreich bearbeitet werden. Es gab eine Sammlung von 62 Aufgaben, die während der Fahrt in zufälliger Reihenfolge dargeboten werden.

Auditive Nebenaufgabe

Mit der akustischen Nebenaufgabe sollte ein Gespräch ähnlich einem Telefonat simuliert werden. Dem Probanden wurde ein Hörspiel (Sherlock Holmes) vorgespielt und seine Aufgabe war es, bestimmte Wörter zu zählen, damit seine Konzentration tatsächlich auf das Zuhören gerichtet war.

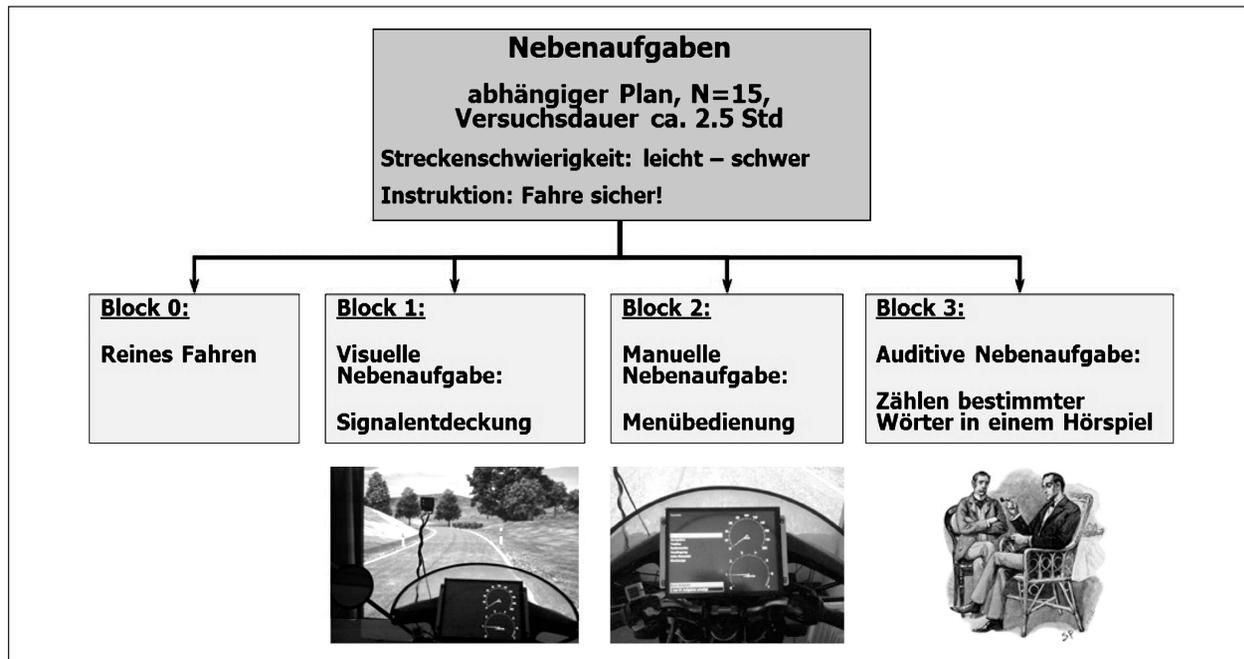


Bild 50: Schematischer Untersuchungsplan zur Auswirkung verschiedener Nebenaufgaben auf Beanspruchung und Fahrverhalten beim Motorradfahren

Stichprobe

An der Studie nahmen 15 bereits an die Motorradsimulation gewöhnte Motorradfahrer teil. Es handelte sich bei den aktiven Motorradfahrern um 13 Männer und 2 Frauen. Im Durchschnitt waren die Probanden 39 Jahre alt. Der jüngste Fahrer war 23, der älteste Fahrer 62 Jahre alt.

Versuchsablauf und Instruktion

Nach einer kurzen Begrüßung und einem Überblick über den Versuchsablauf, wurden den Probanden die Elektroden zur Pulsmessung angelegt. Jeder Fahrer hatte in jeder der vier Bedingungen für die Nebenaufgabe je eine leichte und eine schwere Fahrt zu absolvieren. Insgesamt mussten also 8 ca. zehnmütige Fahrten gefahren werden. Die Reihenfolge der Fahrten wurde den Fahrern randomisiert zugeordnet. Die Fahrer wurden in jeder Bedingung instruiert, sicher zu fahren. Der Fahraufgabe ist vor der Bedienung der Nebenaufgabe Vorrang zu leisten. Zusätzlich wurde die jeweilige Nebenaufgabe erklärt, wobei die Instruktion „ohne Nebenaufgabe“ immer der Beginn aller Instruktionen war:

- Ohne Nebenaufgabe

„Bitte fahren Sie ganz sicher und machen Sie keine Fahrfehler – d. h. nicht von der Fahrbahn abkommen und nicht kollidieren. Beachten Sie

auch die StVO. Die Höchstgeschwindigkeit ist 100 km/h.“

- Visuelle Aufgabe

„... Während der Fahrt blendet sich immer wieder ein rotes Lichtsignal in Ihr Blickfeld ein. Bitte drücken Sie immer, wenn Sie das Lichtsignal bemerken, den Knopf am linken Lenkergriff [Knopf zeigen]. Die Fahraufgabe hat dabei aber immer Vorrang!

- Akustische Aufgabe

„... Nach einer kurzen Anfahrt, werden Sie während der Fahrt ein Hörspiel hören. Ihre Aufgabe wird sein, das Wort „und“ zu zählen. Bitte zählen Sie jedes Mal laut mit, wenn Sie das Wort „und“ (beim zweiten Mal „ich“) hören. Die Fahraufgabe hat dabei aber immer Vorrang!“

- Menüaufgabe

„... Bitte bedienen Sie während der Fahrt die Menüaufgabe. Die Fahraufgabe hat dabei aber immer Vorrang! Sie sollen zügig und sicher ans Ziel kommen. Bedienen Sie die Menüaufgabe nach Ihrem Ermessen. Wenn Sie der Meinung sind, dass eine sichere Fahrweise wegen des Bedienens nicht mehr gewährleistet ist, wenden Sie sich bitte der Fahraufgabe zu, bis Sie wieder die Möglichkeit haben, Menüaufgaben zu lösen. Dann können Sie die Aufgabe einfach weiter

bearbeiten. Bei der Nebenaufgabe geht es nicht darum, wie schnell Sie bei den einzelnen Aufgaben zur richtigen Lösung kommen. Es ist völlig egal, wie viele Schritte Sie zur Bearbeitung einer Aufgabe benötigen. Sie können also die einzelnen Menüpunkte durchsuchen, bis Sie ans Ziel gelangen, wenn es die Fahraufgabe zulässt.“

Neben den in der Fahrsimulation aufgezeichneten Daten zur Fahrdynamik und Bedienung des Motorrads wurde als physiologisches Maß der Puls des Fahrers erhoben. Im Anschluss an die Fahrt gab es wie in den anderen Studienreihen eine subjektive Beanspruchungsmessung über den NASA-Task-Load-Index.

6.5.3 Ergebnisse

Fahrdaten

Auf der leichten Strecke wird signifikant schneller gefahren als auf der schweren Strecke. Auch die Nebenaufgabe hat einen signifikanten Effekt. In der visuellen und akustischen Nebenaufgabe wird schneller gefahren als in den anderen beiden Bedingungen. Während in der leichten Strecke unter der visuellen Nebenaufgabe am schnellsten gefahren wird, ist es bei der schweren Strecke die akustische Nebenaufgabe, unter der die schnellsten Geschwindigkeiten erreicht werden.

Obwohl ohne Nebenaufgabe und in der Bedingung mit Menü vor allem in der schweren Strecke eine

ähnlich niedrige Geschwindigkeit gewählt wird, fällt über die Standardabweichung der Geschwindigkeit ein unterschiedlicher Fahrstil auf.

Ohne Nebenaufgabe wird wie in der Menüaufgabe nur 80 km/h gefahren. Die Standardabweichung der Geschwindigkeit ist aber mit 17 km/h signifikant am höchsten, während sie in der Menüaufgabe am niedrigsten ist. Ohne Nebenaufgabe wird also in der schweren Strecke deutlich dynamischer gefahren. Hingegen ist die Varianz der Geschwindigkeit in der leichten Strecke in der Bedingung mit Menü am höchsten, obwohl im Durchschnitt am langsamsten gefahren wird (vgl. Bild 51).

Für die maximale Verzögerung hat die Bedingung der Nebenaufgabe keinen signifikanten Effekt. Allein die Strecke wirkt sich aus. Wie zu erwarten, liegen die Verzögerungen in der schweren Strecke, in der verschiedene Hindernisse passiert werden müssen, signifikant am höchsten.

Für die Varianz der Verzögerung/Beschleunigung fällt wieder die Fahrt auf der schweren Strecke ohne Nebenaufgabe mit den signifikant höchsten Werten auf. Analog zu den Ergebnissen der Geschwindigkeit spricht dieser Befund für eine deutlich dynamischere Fahrweise als in den anderen Bedingungen. Die Unterschiede in der Varianz der Verzögerung/Beschleunigung zwischen den Bedingungen der Nebenaufgabe sind in der leichten Strecke nicht zu finden. Beide Sachverhalte sind in Bild 52 veranschaulicht.

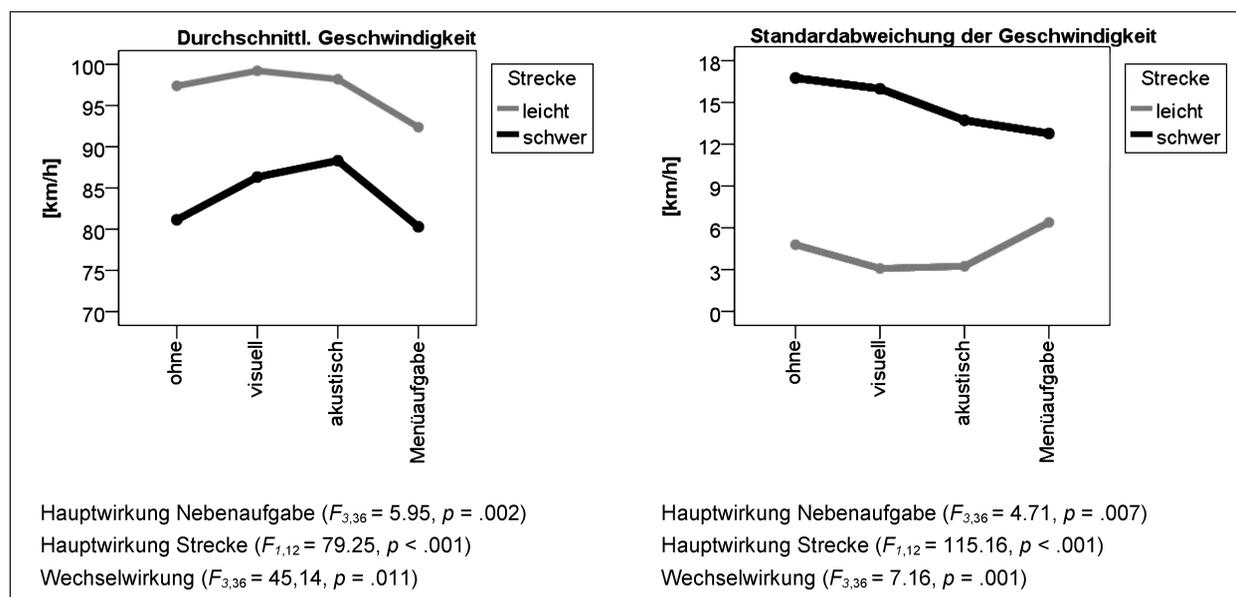


Bild 51: Durchschnitt und Standardabweichung der Geschwindigkeit bezogen auf Streckenschwierigkeit und Nebenaufgabe

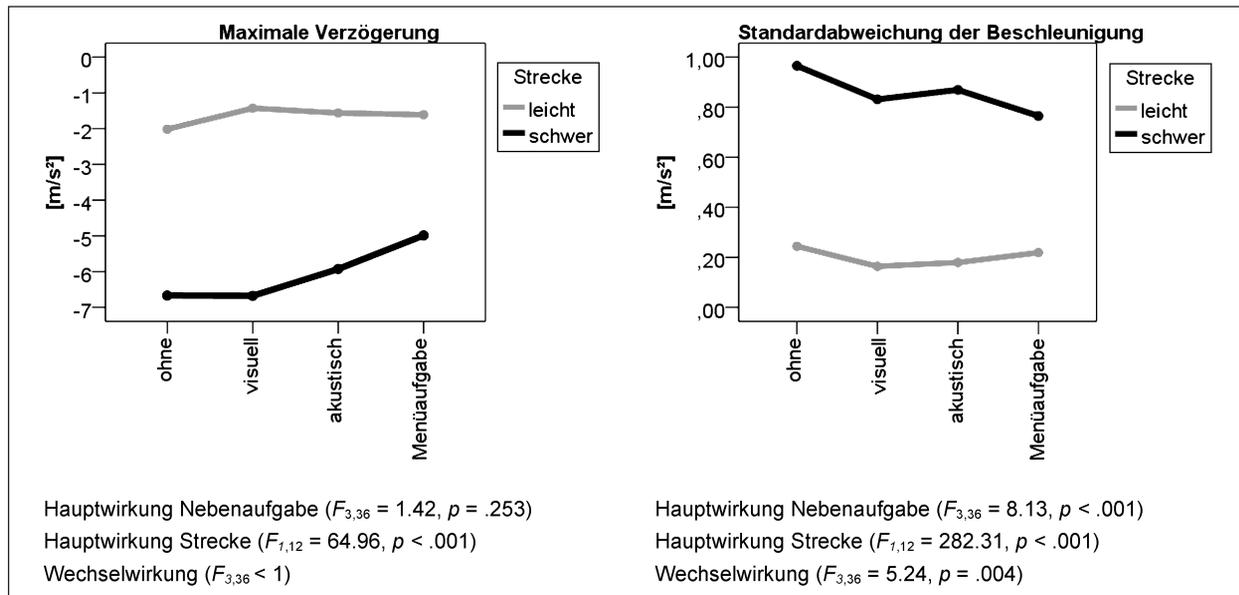


Bild 52: Maximum und Standardabweichung der Verzögerung/Beschleunigung bezogen auf Streckenschwierigkeit und Nebenaufgabe

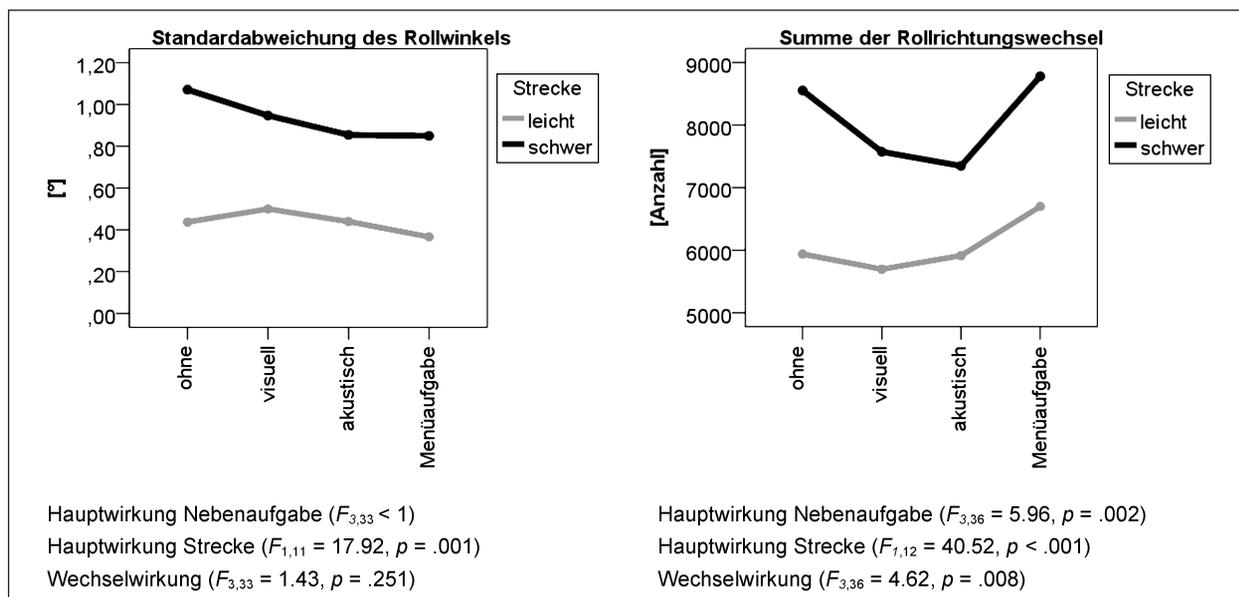


Bild 53: Standardabweichung des Rollwinkels und Summe der Richtungswechsel beim Rollen bezogen auf Streckenschwierigkeit und Nebenaufgabe

Da in der Motorradsimulation die Fliehkräfte, die mit dem Kippen und Wiederaufstellen des Motorrads in Kurvenfahrten von zentraler Bedeutung sind, nicht ausreichend simuliert werden können, sind auch die Parameter der Querdynamik wie Querbeschleunigung gar nicht oder nur eingeschränkt auswertbar.

In Bild 53 wird der Rollwinkel, den die Fahrer während des Fahrens eingenommen haben, dargestellt. Bei der Betrachtung der Ergebnisse muss jedoch beachtet werden, dass der Rollwinkel nicht aus physikalischer Notwendigkeit heraus entstanden

ist, sondern aktiv von den Fahrern in der Kurvenfahrt hergestellt wurde. Man hat sich „in die Kurve gelegt“ und das Motorrad eigenständig wieder aufgestellt. In die dargestellte Standardabweichung des Rollwinkels geht auch die Stärke der eingenommenen Rollwinkel mit ein. Die Rollwinkel-Reversals geben ausschließlich Auskunft über die Anzahl der Roll-Richtungswechsel, die die Fahrer während einer Simulationsfahrt eingenommen haben. Beides sind also Maße, die zwar für die Fahrt in der Simulation Gültigkeit besitzen, aber nicht direkt in die Realität übertragbar sind.

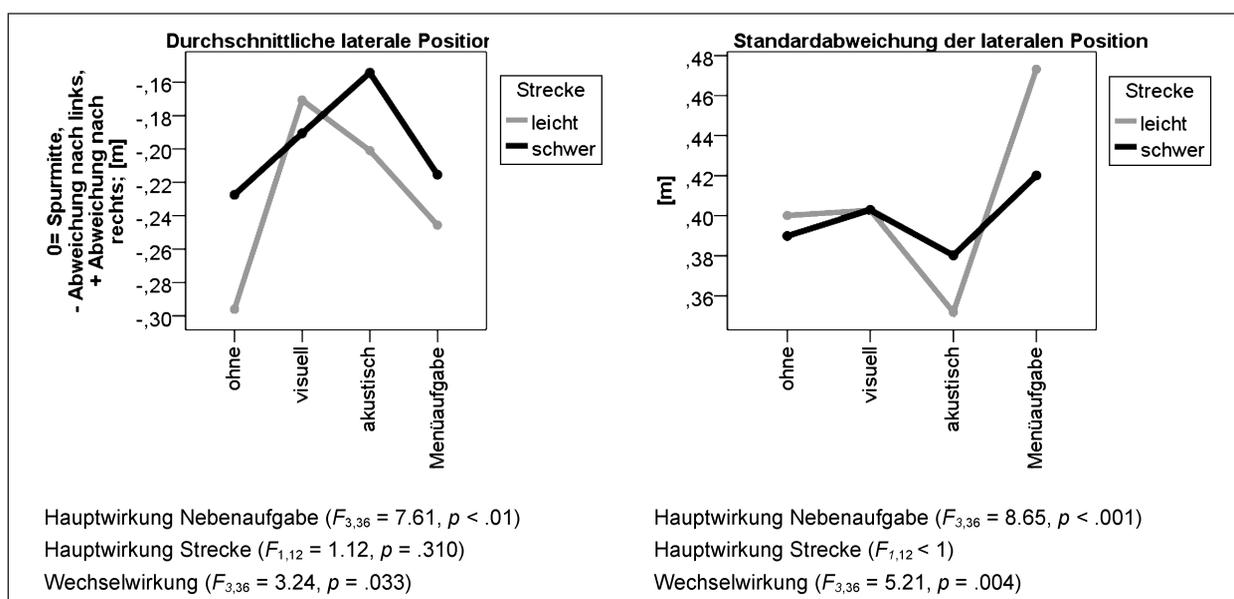


Bild 54: Durchschnitt und Standardabweichung der Spurhaltung bezogen auf Streckenschwierigkeit und Nebenaufgabe

Die Varianz des Rollwinkels macht sich nur in der Variation der Streckenschwierigkeit bemerkbar. Wie zu erwarten, liegt sie in der schweren Strecke, in der mehr Hindernisse umfahren werden müssen, am höchsten.

Für die Summe der Richtungswechsel ergibt sich auch bezogen auf die Nebenaufgabe ein signifikanter Effekt. Sowohl in der leichten als auch in der schweren Strecke werden unter der Bearbeitung der Menüaufgabe die meisten Richtungswechsel vorgenommen. Während in der schweren Strecke in der Fahrt ohne Nebenaufgabe ähnlich viele Richtungswechsel stattfinden, zeigt sich der Effekt in der leichten Strecke nur in der Bedingung mit Menüaufgabe.

Man findet also auch in dieser Kenngröße Belege für ein dynamisches Ausfahren der schweren Strecke ohne Bearbeitung einer Nebenaufgabe. Hingegen fällt in der leichten Strecke auch hier die Bearbeitung der Menüaufgabe signifikant mit höherer Varianz auf.

Der Schwierigkeitsgrad der Strecken hat für die Maße der Spurhaltung keinen eigenständigen Einfluss, die Bearbeitung der Nebenaufgabe schon. Ohne Bearbeitung einer Nebenaufgabe sowie bei der Menübedienung wird im Vergleich zu den anderen beiden Nebenaufgaben signifikant weiter links gefahren. In der schweren Strecke fällt vor allem die akustische Nebenaufgabe auf. Im Vergleich zu allen anderen Bedingungen wird signifikant weiter rechts (nahezu in der Mitte der Fahrspur) gefahren.

Für die Güte der Spurhaltung ist die Standardabweichung der Spur (SDLP) ein gängiges Maß. Hier fällt die Bearbeitung der Menüaufgabe in beiden Streckenarten gegenüber den anderen Bedingungen mit schlechteren Werten auf. Besonders deutlich ist der Effekt in der leichten Strecke. Der Wert ist ca. 8 cm höher als in der schweren Strecke.

In der akustischen Bedingung ist die Varianz der Spurhaltung in der leichten Strecke sogar geringer als in den anderen Fahrten. Bild 54 veranschaulicht beide Maße der Spurhaltequalität.

Subjektive Daten

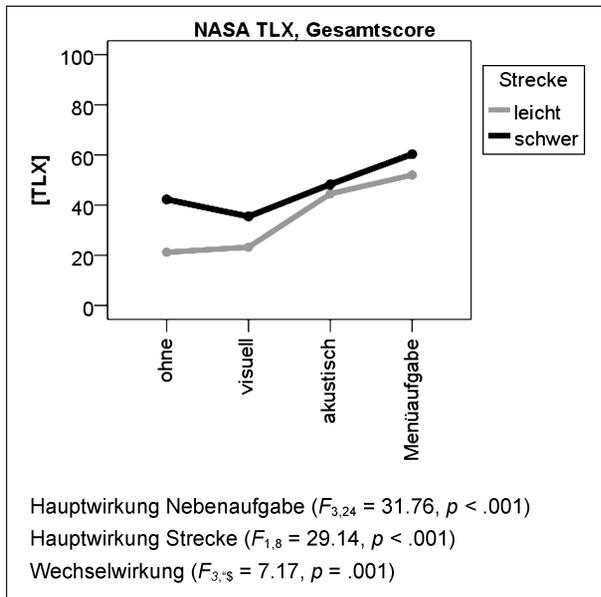
Die schwierige Strecke wird von den Fahrern auch signifikant als anstrengender beurteilt. Auch zwischen den Bedingungen der Nebenaufgabe gibt es eine signifikante Reihenfolge. Die Fahrt ohne und die Fahrt mit visueller Nebenaufgabe werden am wenigsten anstrengend beurteilt, gefolgt von der akustischen Nebenaufgabe. Am anstrengendsten bewerten die Fahrer die Fahrt unter der Bedingung der Menüaufgabe (vgl. Bild 55).

6.5.4 Diskussion

Die dargestellten Ergebnisse zeigen zunächst, dass durch die unterschiedlichen Versuchsvariationen in Schwierigkeit der Strecke und Bedienung der Nebenaufgabe unterschiedliche Fahrstile entstehen.

Insgesamt wird in der schweren Strecke ohne System deutlich dynamischer gefahren als in allen

anderen Bedingungen. Dies zeigt sich in Wahl und Variation der Geschwindigkeit sowie der gewählten Verzögerung. Die visuelle und die akustische Nebenaufgabe veränderten diese Fahrweise nur unbedeutend in Richtung eines defensiveren Fahrens.



Auffällig war die Bedienung der Menüaufgabe, in der die Fahrer bewusst ihren Fahrstil änderten, um Leistungseinbußen zu kompensieren. So wurde langsamer mit hoher Variation der Geschwindigkeit in der leichten Strecke und langsamer mit niedriger Variation der Geschwindigkeit in der schweren Strecke gefahren.

Betrachtet man die Güte der Spurhaltung (Standardabweichung der Spurabweichung, SDLP) ähnlich wie beim Pkw als Leistungsmaß beim Fahren gemeinsam mit dem subjektiven Workload-Urteil, so zeigt sich ein interessanter Befund (vgl. Bild 56).

Beim Fahren ohne Nebenaufgabe wird die schwere Strecke auch als signifikant schwieriger beurteilt als die leichte Strecke. Für die Fahrt in der visuel-

Bild 55: Durchschnitt des NASA-TLX-Score bezogen auf Streckenschwierigkeit und Nebenaufgabe

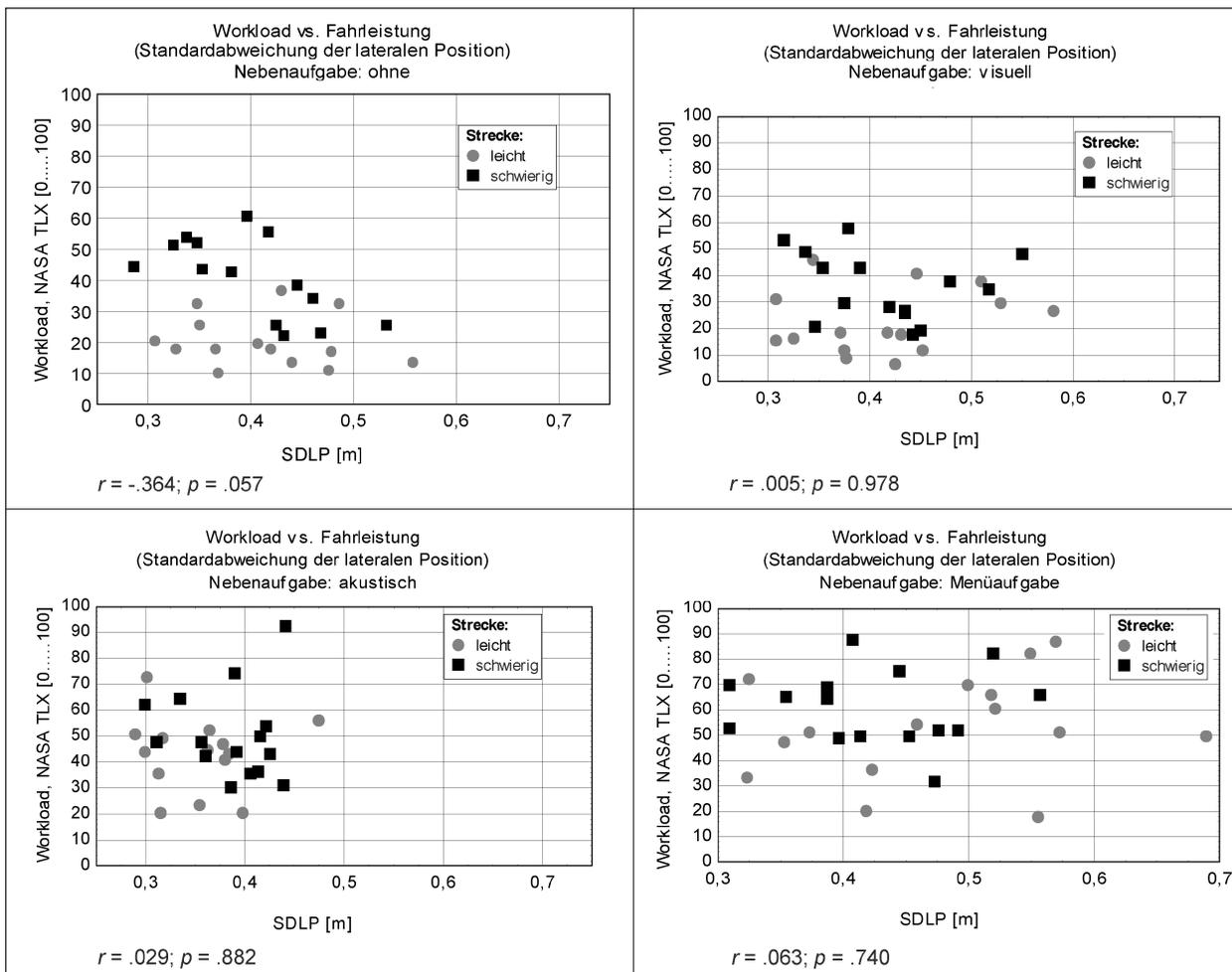


Bild 56: Vergleich der Güte der Spurhaltung mit der subjektiven Beurteilung des Workload

len Bedingung bleibt der Effekt erhalten, schwächt sich aber ab. Die subjektive Beurteilung wird jedoch in beiden Fahrten nicht direkt in einer schlechteren Spurhaltung objektiv greifbar.

Für alle Fahrten unter der akustischen Bedingung und der Bedienung der Menüaufgabe gibt es die subjektive Unterscheidung der Streckenschwierigkeit im Beanspruchungsmaß nicht mehr. Hier macht das Fahren mit Nebenaufgabe die Fahrt generell so anstrengend, dass der Effekt der Streckenschwierigkeit überdeckt wird.

Dieser Effekt zeigt sich für die Pulswerte nur bei Ausführung der Menüaufgabe. Während auf der leichten Strecke tendenziell eine geringere Schwankung des Pulses als auf der schwierigen Strecke auftritt, ergibt sich bei Durchführung der Menüaufgabe eine gleichermaßen starke Variabilität, die den Effekt der Streckenschwierigkeit überdeckt.

Auffällig ist weiterhin, dass das subjektive Urteil vor allem in den Bedingungen der Nebenaufgabe keinen Zusammenhang mit der fahrerischen Leistung hat. D. h., dass nicht zwingend die Fahrer, die die geringste Güte der Spurhaltung aufweisen, auch die Fahrt am anstrengendsten beurteilen.

In der Fahrt mit visueller Nebenaufgabe wird die Spurhaltung nicht schlechter als in der Fahrt ohne Nebenaufgabe. Unter der akustischen Bedingung wird die Leistung in der Spurhaltung überraschenderweise sogar deutlich besser, obwohl das Fahren als anstrengender beurteilt wird. Im Gegensatz dazu fällt die Güte der Spurhaltung beim Fahren unter der Menübedingung am schlechtesten aus. Diese Fahrt wird auch am anstrengendsten beurteilt.

Interessant ist dabei, dass die Leistung in der leichten Fahrt am stärksten einbricht. Die heterogenen Befunde in Bezug auf die Auswirkung verschiedener Nebenaufgaben auf das Fahren, lassen sich auch im Bereich der Pkw-Forschung finden. In der Regel wird eine erhöhte Schwankung in der Spurhaltung berichtet, wenn sich Fahrer mit Nebenaufgaben beschäftigen (HORREY, 2011). Dies gilt bspw. auch für Experimente, bei denen Fahrer fahrzeugbezogene Bedienungen durchführen mussten (Eingabe an Navigationssystem), was der Menüaufgabe beim Motorradfahren ähnlich ist (TIJERINA, PARMER & GOODMAN, 1998; TSIMHONI, SMITH & GREEN, 2004). In einer Studie von LANSDOWN, BROOK-CARTER und

KERSLOOT (2004) fanden die Forscher keinen Einfluss auf die Spurhaltegüte bei Durchführung einer visuellen Nebenaufgabe in der Pkw-Fahrsimulation, wie es sich hier in der Motorradsimulation ebenfalls zeigte.

Aus den verbalen Kommentaren der Fahrer kann man entnehmen, dass man sich beim Fahren auf der leichten Strecke sicherer fühlte und der Anreiz, die Menüaufgabe zu bedienen, höher war. Dieser Befund zeigt sich auch in der Anzahl der bearbeiteten Aufgaben. Die Fahrer konnten im Gegensatz zu den anderen Nebenaufgaben, die vorgegeben waren, frei entscheiden, wann sie die Nebenaufgabe bedienen. Eine sichere Fahrweise war gemäß Instruktion oberste Priorität. Obwohl viele Fahrer verbal mitteilten, dass sie niemals während des Fahrens ein Menü bedienen würden, wurden auf der leichten Strecke im Durchschnitt 23 Aufgaben, auf der schweren immerhin 13 Aufgaben bearbeitet. Offenbar entstand die Annahme, in der leichten Strecke sei es unproblematischer, sich neben dem Fahren mit dem Menü zu beschäftigen. Dies wurde mit deutlich ungenauerer Spurhaltung quittiert. In Einzelfällen wurde sogar zunächst aufgrund der Bedienung unbemerkt auf der linken Fahrspur der Fahrbahnrand überfahren. In der schweren Strecke waren die Fahrer von vorneherein davon überzeugt, dass die Bedienung der Menüaufgabe deutlich negative Folgen haben würde. Aber auch hier wurde die Leistung schlechter. Obwohl die Probanden während der Bedienung der Menüaufgabe langsamer fuhren, traten stärkere maximale Verzögerungen auf. Die Spurhaltung wurde schlechter und mehrere Rollrichtungswechsel deuten auf ein unruhigeres Fahren bzw. mehr Korrekturen im Fahren hin.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem vorliegenden Bericht wurde eine grundlagenorientierte Versuchsreihe zur Beanspruchungsmessung beim Motorradfahren vorgelegt.

In einem ersten Schritt wurde die Analyse des „Arbeitsplatzes Motorrad“ vorgenommen. Hier zeigte sich, dass es den Fahrern große Freude bereitet, das Fahren zu erleben und schwierige Fahrsituationen zu meistern. Dieser Aspekt ist bei der Gestaltung von Assistenz für das Motorrad entscheidend. Assistenzsysteme, die akzeptiert werden sollen,

dürfen dem Fahrer das Fahrgefühl nicht nehmen. Die Gefahr, durch andere Verkehrsteilnehmer übersehen zu werden, ist für alle Motorradfahrer sehr präsent. Hier liegt mit Sicherheit ein wichtiger Ansatzpunkt für Assistenz. Motorradfahrer suchen Beanspruchung aktiv auf. Anforderungen, die schwierig sind und gemeistert werden, machen in ihrer Bewältigung Freude. Dieser Befund zeigte sich bereits für den fliegerischen Arbeitsplatz, wird aber auch in Arbeiten zum Flow-Konzept beschrieben (BULD, 2000; CSIKSZENTMIHALYI, 2005). Die körperliche Belastung spielt beim Führen eines Motorrads eine wichtige Rolle. Daneben werden Belastungen mentaler und emotionaler Art genannt. Soziale Faktoren sind bei der Beschreibung des Motorradfahrens von untergeordneter Bedeutung.

In der vorgestellten Literatur, wird diesen Ergebnissen bislang nicht experimentell nachgegangen. Hier besteht grundlegender Forschungsbedarf. Da es unter Umständen mit einem bedeutsamen Risiko verbunden ist, die Belastung der Motorradfahrer aktiv zu variieren, ist es zwingend notwendig, die Motorradsimulation als Methode voranzutreiben. Das WIVW hat aus diesem Grund eine Motorradsimulation aufgebaut und zur vorliegenden Fragestellung optimiert. Die Beurteilung der Motorradfahrersimulation durch die Testfahrer fiel, wie unter Kapitel 3.1.5 bzw. in Bild 34 gezeigt, positiv aus.

Insgesamt zeigte sich darüber hinaus sowohl nach dem Training der Fahrer als auch über alle durchgeführten Studien hinweg, dass die Fahrer nach einer kurzen Eingewöhnungszeit sehr gut mit der Motorradsimulation umgehen konnten. Die Motorradsimulation kann also als Methode zur Untersuchung der vorliegenden Fragestellung als geeignet gelten.

In einem weiteren Schritt wurde gezeigt, dass es anhand der Motorradsimulation gelungen ist, unterschiedliche Belastung – sowohl quantitativ als auch qualitativ zu induzieren. Das Fahren unterschiedlicher Streckenschwierigkeit, Instruktion und Fahrdauer führte bei den Fahrern zu unterschiedlicher Beanspruchung. Es zeigte sich, dass sicheres Fahren auf einer leichten Strecke zu der niedrigsten Beanspruchung führt, schnelles Fahren auf einer leichten Strecke sowie sicheres Fahren auf einer schwierigen Strecke führen zur gleichen, mittleren Beanspruchung, schnelles Fahren auf einer schweren Strecke führt zu erhöhter Beanspruchung. Wird dieses Fahren von 10 Minuten auf eine Stunde ausgedehnt, steigt die Beanspruchung in extreme Be-

reiche an. Dabei zeigt sich, dass die fahrerische Leistung dennoch bei den meisten Fahrern sehr lange aufrechterhalten werden kann.

Aus dem Pkw-Bereich kennt man die Standardabweichung der lateralen Position als gängiges Beanspruchungsmaß der primären Fahraufgabe. Je höher die Beanspruchung wird, desto höher wird die SDLP. Beim Motorradfahren zeigt sich zunächst, dass der Wert ohnehin höher ist als beim Pkw. Nimmt die Streckenschwierigkeit zu, so wird die SDLP zunächst kleiner. Erst wenn Streckenschwierigkeit und Instruktion zu deutlich erhöhter Belastung führen, knickt auch beim Motorrad die Leistung in der SDLP ein.

Vergleicht man das Fahrverhalten in Pkw und Motorrad direkt miteinander, so zeigt sich, dass auf dem Motorrad Beanspruchung aktiv gesucht wird. Die körperliche Beanspruchung ist höher. Monotonie wird vermieden. Die Fahrdaten zeigen, dass dieselben Fahrer dieselben Strecken unter der gleichen Instruktion mit dem Motorrad deutlich dynamischer fahren. Dies entspricht den Ergebnissen von BROUGHTON (2009), der beim Motorradfahren signifikant mehr Geschwindigkeitsübertretungen findet. Auch im Puls findet man höhere Werte, was auf eine höhere körperliche Beanspruchung schließen lässt. Subjektiv geben die Fahrer über unterschiedlich lange und schwierige Fahrten gemittelt im Motorrad eine ähnliche Beanspruchung wie im Pkw an. Die Tendenz geht jedoch in Richtung niedrigerer Beanspruchung beim Motorradfahren, was auf einen bekannten Befund aus der Arbeitspsychologie hindeutet (BULD, 2000). Beanspruchung, welche aufgrund von bewältigbarer Belastung entsteht, bereitet Freude, weil man sich selbst als kompetent erlebt. Der Aspekt der subjektiven Beanspruchungs- bzw. Belastungswahrnehmung sollte noch differenzierter betrachtet werden, da sich hieraus Gestaltungsempfehlungen für Assistenz- und Informationssysteme auf dem Motorrad ergeben könnten, welche sich von denen für Pkw unterscheiden. Systeme, die dem Motorradfahrer Aufgaben des Fahrens abnehmen, werden u. U. keine große Akzeptanz erlangen.

Im nächsten Schritt wurden mehrere Versuchsreihen zur Beanspruchung unter der Bearbeitung von Nebenaufgaben durchgeführt. Hier wurde zunächst die Okklusionsmethode als Metapher für das Abwenden von der Straße eingeführt.

Es zeigte sich, dass mit Okklusion schneller gefahren wird; vor allem dann, wenn die Fahrer frei über

die Okklusion entscheiden konnten. Hier ist jedoch zu beachten, dass sich die Fahrer vor allem auf geraden Streckenabschnitten dazu entscheiden, das Bild zu verdunkeln. Auf diesen wird in der Regel schneller gefahren, als es in Kurven oder schwierigen Passagen der Fall ist, wenn die Probanden das Bild nicht verdunkeln. Die Verzögerungen in der verdunkelten Zeit fallen signifikant geringer aus – man weiß ja nicht, ob etwas da ist, für das man bremsen sollte. Ähnlich verhält es sich mit den Rollrichtungswechseln. Während der verdunkelten Zeit gibt es weniger Rollrichtungswechsel, die SDLP wird geringer. Da von der Strecke keine neuen Informationen kommen, kann auf diese auch nicht reagiert werden. Generell scheint es so zu sein, dass die Fahrer auf Streckenabschnitten verdunkeln, bei denen sie der Meinung sind, dass wenige Lenk- bzw. Brems- und Beschleunigungseingriffe anfallen oder diese vorhersehbar sind. Das Fahren wird also weniger dynamisch. Insgesamt wird unter Okklusion weiter links gefahren.

Bei der Einführung von Nebenaufgaben hat sich im vorliegenden Experiment die Aufgabe der PDT nicht signifikant vom Fahren ohne Nebenaufgabe unterschieden. Das Fahren mit akustischer Nebenaufgabe erhöhte zwar die Beanspruchung, die Fahrleistung blieb jedoch konstant. Insgesamt wurde etwas fokussierter gefahren, die SDLP wurde sogar geringer. Starke Einbrüche, sowohl was die Leistung als auch die Beanspruchung angeht, wurden bei der Menüaufgabe gefunden. Leider zeigte sich auch, dass die Fahrer nicht abwägen konnten, wie lange sie das Menü bedienen konnten, ohne gravierende Fehler zu machen. Hinsichtlich des Ablenkungspotenzials der verschiedenen verwendeten Nebenaufgaben scheint es eine Steigerung von visuell über akustisch zur Menüaufgabe zu geben. Die PDT scheint den Fahrer nur gering zusätzlich zu seiner ursprünglichen Fahraufgabe zu beanspruchen. Bei der akustischen Nebenaufgabe wird eine höhere Beanspruchung erlebt, die sich jedoch nicht in der Fahrleistung niederschlägt. Für die Menüaufgabe lassen sich die Auswirkungen auf das Fahrverhalten deutlich erkennen. Für alle Befunde ist jedoch anzumerken, dass diese in der Motorradsimulation mit einem simulierten Automatikgetriebe erzielt wurden.

Diese Befunde gehen einher mit dem Ergebnis des Okklusionsversuchs. Das Fahren mit verdunkeltem Bildschirm stellte dabei das Pendant für Streckenabschnitte dar, auf denen der Motorradfahrer seinen Blick auf die Nebenaufgabe und damit von der

Straße weg lenkt. Hier waren die Okklusionszeiten auf der schwierigen Strecke länger, wenn die Probanden selbst die Okklusion herbeiführen konnten. Diese Bedingung entspricht der generellen Entscheidungsfreiheit, welche Motorradfahrer beim realen Fahren mit Assistenzsystem haben.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Motorradsimulation eine gut geeignete Methode zur Untersuchung der Auswirkung von Nebenaufgaben auf Fahren und Beanspruchung ist.

Inhaltlich zeigte sich, dass Motorradfahrer bedauerlicherweise nicht immer gut abschätzen konnten, wann die Bedienung des Systems oder eine Phase der Okklusion gefahrlos möglich ist. Auf Basis solcher Ergebnisse sollte das Angebot von Infotainment auf dem Motorrad kritisch hinterfragt werden. Weitere Studien zu dieser Thematik sind dringend nötig, um die Auswirkungen von Assistenz und Information während des Motorradfahrens noch konkreter beurteilen zu können. Auf lange Sicht könnte diese Forschung damit dazu beitragen, adäquate Richtlinien zur Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen im Bereich des Motorrads für Advanced Rider Assistance Systems oder On-Bike Information Systems zu entwickeln.

8 Literatur

- 2 be safe – Two-wheeler behaviour and safety. 2010, from <http://www.2besafe.eu/>
- MYMOSA – Towards integrated safety for powered 2-wheeler. 2010, from <http://www.mymosa.eu/index.php>
- PISA – Powered Two Wheeler Integrated Safety. 2010, from <http://www.pisa-project.eu/>
- SAFERIDER. 2010, from <http://www.saferider.eu.org/>
- Unfallforschung der Versicherer. 2010, from <http://www.udv.de/>
- ADLER, J. L. (2001): Investigating the learning effects of route guidance and traffic advisories on route choice behavior. *Transportation Research Part C*, 9 (1), 1-14
- AKAMATSU, M., YOSHIKA, M., IMACHO, N., DAIMON, T. & KAWASHIMA, H. (1997): Analysis of Driving a Car with a Navigation

- System in an Urban Area. In: Y. I. NOY (Ed.), *Ergonomics and Safety of Intelligent Driver Interfaces* (pp. 85-92). Ottawa: Lawrence Erlbaum Associates
- ANTONINI-PHILIPPE, R., REYNES, E. & BRUANT, G. (2003): Cognitive Strategy and Ability in Endurance Activities. *Perceptual and Motor Skills*, 96, 510-516
- Arbeitsinspektion. (2006): *Vibrationen – Alternative physikalische Größen: Bezeichnung und Umrechnung*. Unpublished manuscript, Österreich
- ARSLAN, T. & KHISTY, C. J. (2006): Decision Aiding: A rational approach to handling fuzzy perceptions in route choice. *European Journal of Operational Research*, 168 (2), 571-583
- ARTHUR, D. (2003, 2010): *Fatigue and Motorcycle Touring*. Retrieved 17.05.2010, from: <http://ride4ever.org/news/fatigue.php>, <http://www.masondixon20-20.org/Fatigue.pdf>
- BADEN, D. A., McLEAN, T. L., TUCKER, R., NOAKES, T. D. & St. CLAIR GIBSON, A. (2005): Effect of anticipation during unknown or unexpected exercise duration on rating of perceived exertion, affect, and physiological function. [Original Article]. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 742-746
- BAUM, H., WESTERKAMP, U. & GEIBLER, T. (2008): *Cost-benefit analysis for ABS of motorcycles* (Vol. 68). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH
- BEHRMANN, M., ZEMEL, R. S. & MOZER, M. C. (1998): Object-Based Attention and Occlusion Evidence From Normal Participants and a Computational Model. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24 (4), 1011-1036
- BEUSMANS, J. M., AGINSKY, V., HARRIS, C. L. & RENSINK, R. A. (1995): Analyzing Situation Awareness During Wayfinding in a Driving Simulator. Paper presented at the International Conference on Experimental Analysis and Measurement of Situation Awareness, Daytona Beach, Florida
- BOKRANZ, R. & LANDAU, K. (1991): *Einführung in die Arbeitswissenschaft – Analyse und Gestaltung von Arbeitssystemen* (Vol. 1). Stuttgart: UTB
- BONIN, H. E. G. (2009): *Motorrad = Ratio + Emotion – Anmerkungen zum Motorrad*. Unpublished manuscript, Lüneburg
- BORG, G. A. V. (1982): Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and science in sports and exercise*, 14 (5), 377-381
- BROUGHTON, P. (2005): *Designing Powered Two Wheeler Training to Match Rider Goals*. In: L. DORN (Ed.), *Driver behaviour and training* (Vol. 2, pp. 233-242). Aldershot: Ashgate
- BROUGHTON, P. (2008): *Flow, Task Capability and Powered Two-Wheeler (PTW) Rider Training*. In: L. DORN (Ed.), *Driver behaviour and training* (Vol. 3, pp. 415-423). Aldershot: Ashgate
- BROUGHTON, P. & WALKER, L. (2009): *Motor-cycling and leisure – Understanding the Recreational PTW Rider*. Farnham: Ashgate
- BROUGHTON, P. S., FULLER, R., STRADLING, S., GORMLEY, M., KINNEAR, N., O'DOLAN, C. & HANNIGAN, B. (2009): Conditions for speeding behaviour: A comparison of car drivers and powered two wheeled riders. *Transportation research, Part F*, 12 (5), 417-427
- BRÜHWILER, P. A., STÄMPFLI, R., HUBER, R. & CAMENZIND, M. (2005): CO₂- and O₂-concentrations in integral motorcycle helmets. *Applied ergonomics*, 36 (5), 625-633
- BUCHÉ, T. (2008, 6.-7. Oct. 2008): *Integrating the Honda SMARTrainer with MSF rets for improving hazard perception*. Paper presented at the 7. Internationale Motorradkonferenz, Köln
- BULD, S. (2000): *Der Arbeitsplatzinhaber als Experte bei der Arbeitsplatzbewertung*. Berlin: Dissertation.de
- BURNETT, G. E. (1998): *Turn right at the King's Head – Drivers' requirements for route guidance information*. Loughborough University, Leicestershire
- CAIN, B. (2007): *A Review of the Mental Workload Literature* (No. RTO-TR-HFM-121-Part-II). Toronto: Defence Research and Development Canada Toronto, Human System Integration Section
- CAMERON, C. (1973): A theory of fatigue. *Ergonomics*, 16 (5), 633-648

- CAMPBELL, J. L., RICHARD, C. M., BROWN, J. L. & McCALLUM, M. (2007): Crash Warning System Interfaces: Human Factors Insights and Lessons Learned (No. HS 810 697). Washington, D.C. National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA
- CASALI, J. G. & WIERWILLE, W. W. (1983): A comparison of rating scale, secondary-task, physiological, and primary-task workload estimation techniques in a simulated flight task emphasizing communications load. *Hum Factors*, 25 (6), 623-641
- CHEN, H.-C., CHEN, W.-C., LIU, Y.-P., CHEN, C.-Y. & PAN, Y.-T. (2009): Whole-body vibration exposure experienced by motorcycle riders – An evaluation according to ISO 2631-1 and ISO 2631-5 standards. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39 (5), 708-718
- CHEN, W.-H., FUNG, C.-P., CHANG, C.-C., CHOU, W.-J. & TING, P.-H. (2005): Study of Driver Behavior as Motorcycles mixed in Traffic Flow. Paper presented at the 19th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV). Retrieved from <http://www.nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv19/05-0296-O.pdf>
- CHIANG, D. P., BROOKS, A. M. & WEIR, D. H. (2004): On the highway measures of driver glance behavior with an example automobile navigation system. *Applied ergonomics*, 35 (3), 215-223
- CLARKE, D. D., WARD, P., BARTLE, C. & TRUMAN, W. (2004): In-depth Study of Motorcycle Accidents (No. 54). London: School of Psychology, University of Nottingham
- CNOSSEN, F., MEIJMAN, T. & ROTHENGATTER, T. (2004): Adaptive strategy changes as a function of task demands: A study of car drivers. *Ergonomics*, 47 (2), 218-236
- CNOSSEN, F., ROTHENGATTER, T. & MEIJMAN, T. (2000): Strategic changes in task performance in simulated car driving as an adaptive response to task demands. *Transportation Research, Part F*, 3, 123-140
- COSSALTER, V., LOT, R., MASSARO, M. & SARTORI, R. (2009): Development and Testing of Assistant Rider Systems with the UNIPD Motorcycle Riding Simulator. Paper presented at the XIX Congresso AIMETA. Retrieved from http://www.dinamoto.it/DINAMOTO/7_MDRG_papers/_MDRG%20Papers%20in%20PDF%20format/2009_04_%20Development_%20simulator%20AIMETA.pdf
- CRUNDALL, D., BIBBY, P., CLARKE, D., WARD, P. & BARTLE, C. (2008): Car drivers' attitudes towards motorcyclists: A survey. *Accident Analysis and Prevention*, 40 (3), 983-993
- CRUNDALL, D., CLARKE, D., WARD, P. & BARTLE, C. (2008): Car Drivers' Skills and Attitudes to Motorcycle Safety: A Review (No. 85). London: School of Psychology, University of Nottingham
- CSIKSZENTMIHALYI, M. (2005): *Das Flow-Erlebnis – Jenseits von Angst und Langeweile: Im Tun aufgehen* (U. AESCHBACHER, Trans. 9 ed.). Stuttgart: Klett-Cotta
- CSIKSZENTMIHALYI, M. & JACKSON, S. A. (2000): *Flow im Sport: Der Schlüssel zur optimalen Erfahrung und Leistung* (H. WALDMANN, Trans.). München: BLV Verlagsgesellschaft mbH
- DEE, T. S. (2009): Motorcycle helmets and traffic safety. *Journal of Health Economics*, 28 (2), 398-412
- DELIGNIÉRES, D., BRISSWALTER, J. & LEGROS, P. (1994): Influence of physical exercise on choice reaction time in sports experts: The mediating role of resource allocation. *Journal of Human Movement Studies*, 27, 173-188
- de WAARD, D. (1996): The measurement of drivers' mental workload. Haren: Traffic Research Centre VSC, University of Groningen
- Di DOMENICO, A., GIELO-PERCZAK, K., McGORRY, R. W. & CHANG, C.-C. (2010): Effects of simulated occupational task parameters on balance. *Applied ergonomics*, 41 (3), 484-489
- Di DOMENICO, A. & NUSSBAUM, M. A. (2005): Interactive effects of mental and postural demands on subjective assessment of mental workload and postural stability. *Safety Science*, 43 (7), 485-495
- Di DOMENICO, A. & NUSSBAUM, M. A. (2008): Interactive effects of physical and mental

- workload on subjective workload assessment. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38 (11-12), 977-983
- Di STASI, L. L., ÁLVAREZ-VALBUENA, V., CANAS, J. J., MALDONADO, A., CATENA, A., ANTOLI, A. & CANDIDO, A. (2009): Risk behaviour and mental workload: Multimodal assessment techniques applied to motorbike riding simulation. *Transportation Research, Part F*, 12 (5), 361-370
- DIEDERICHS, F., HEGELE, M. & GANZHORN, M. (2012): Entwicklung und Evaluierung eines haptischen Navigationssystems für Motorradfahrer. 9. Internationale Motorradkonferenz. Köln: IFZ – Institut für Zweiradsicherheit e. V. (Institute for Motorcycle Safety e. V.)
- DINGUS, T. A., ANTIN, J. F., HULSE, M. C. & WIERWILLE, W. W. (1989): Attentional demand requirements of an automobile moving-map navigation system. *Transportation research Part A*, 23 (4), 301-315
- DINGUS, T. A. & HULSE, M. C. (1993): Some human factors design issues and recommendations for automobile navigation information systems. *Transportation research Part C*, 1 (2), 119-131
- DINGUS, T. A., McGEHEE, D., HULSE, M. C., JAHNS, S., MANAKKAL, N., MOLLENBAUER, M. & FLEISCHMAN, R. (1995): TravTek Evaluation Task C3 – Camera car study (No. FHWA-RD-94-076). Georgetown Pike: Performance and Safety Sciences, Inc.
- DORN, L. (2005): Professional driver training and driver stress: Effects on simulated driving performance. In: G. UNDERWOOD (Ed.), *Traffic and Transport Psychology* (pp. 431-442). Oxford: Elsevier
- DVR (2009): Mehr Sicherheit für Motorradfahrer – aber wie? DVR Report, 3, 2
- ELLIOTT, M. A., BAUGHAN, C. J., BROUGHTON, J., CHINN, B., GRAYSON, G. B., KNOWLES, J., SMITH, L. R. & SIMPSON, H. (2003): *Motorcycle Safety: A scoping study* (No. TRL581). UK: Department for Transport
- ELLIOTT, M. A., BAUGHAN, C. J., BROUGHTON, J., CHINN, B., GRAYSON, G. B., KNOWLES, J., SMITH, L. R. & SIMPSON, H. (2003): *Motorcycle Safety: A scoping study* (Summary) (No. TRL581). UK: Transport Research Laboratory
- FARMER, E. & BROWNSON, A. (2003): *Review of Workload Measurement, Analysis and Interpretation Methods: European Organisation for the Safety of Air Navigation*
- FERRAZZIN, D., SALSEDO, F. & BERGAMASCO, M. (1999, Sep., 27-29 1999): The MORIS Simulator. Paper presented at the 8th IEEE International Workshop on Robot and Human Interaction, Pisa, Italy
- FLEISHMAN, E. A. (1975): Toward a Taxonomy of Human Performance. *American Psychologist*, 30 (12), 1127-1149
- FULLER, R. (2007): Behavioural research in road safety. Paper presented at the Behavioural research in road safety, 17th seminar 2007
- FUNKE, J. (2006): Belastung und Beanspruchung von Motorradfahrern bei der Bremsung mit verschiedenen Bremssystemen. Unpublished Dissertation, Technischen Universität Darmstadt, Darmstadt
- GEORGE, K., GREEN, P. & FLEMING, J. (1995): Timing of Auditory Route-Guidance Instructions (No. UMTRI-95-6). Ann Arbor: Transportation Research Institute, University of Michigan
- GODTHELP, J. & WOUTERST, P. I. J. (1980): Course holding by cyclists and moped riders. *Applied Ergonomics*, 11 (4), 227-235
- GOLDER, U. (2005): Der Vollbremsvorgang eines Motorrades. VRR – VerkehrsRechtsReport, 4/2005 (4), 7
- GOLDER, U. (2007): Bremsverzögerungen und Sturzeinleitung von Motorrädern. VKU – Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, 2007-04 (04), 8
- GOLDER, U. (2007): Kippen und Rutschen von Motorrädern. VKU – Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, 2007-05 (05), 5
- GRANT, R., FRAMPTON, R., WELLER, J., HUMBY, S., McCARTHY, M., STCLAIR, V. & HALEWOOD, C. (2006): PISa – Powered Two Wheeler Integrated safety (Summary) (No. D11 & D15): European Commission – DG Research

- GREEN, P. (1992): American Human Factors Research on In-Vehicle Navigation Systems (No. UMTRI-92-47). Washington: Transportation Research Institute, University of Michigan
- GREEN, P., HOEKSTRA, E., WILLIAMS, M., WEN, C. & GEORGE, K. (1993): Examination of a Videotape-Based Method to Evaluate the Usability of Route Guidance and Traffic Information Systems (No. UMTRI-93-3 1). Washington, D.C. Transportation Research Institute, University of Michigan
- GREEN, P. & WILLIAMS, M. (1992): Perspective in Orientation/Navigation Displays: A Human Factors Test. Ann Arbor: Human Factors Division
- GROS, E. (1994): Analyse von Arbeitstätigkeiten: Ermittlung von Belastung und Beanspruchung am Arbeitsplatz. In: E. GROS (Hrsg.), Anwendungsbezogene Arbeits-, Betriebs- und Organisationspsychologie (pp. 95-122). Göttingen: Hogrefe
- GWEHENBERGER, J., SCHWABEN, I., SPORNER, A. & KUBITZKI, J. (2006): Schwerstunfälle mit Motorrädern – Analyse der Unfallstruktur und der Wirksamkeit von ABS. Paper presented at the Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenz. Retrieved from http://www.fahrzeugtechnik-muenchen.de/component/option,com_docman/task,catalog_view/gid,35/dir,DESC/order,date/limit,86/limitstart,20/lang,de/
- HACKER, W. (1986): Arbeitspsychologie. Stuttgart: Hans Huber
- HARGUTT, V. (2001): Das Lidschlussverhalten als Indikator für Aufmerksamkeits- und Müdigkeitsprozesse bei Arbeitshandlungen. Unpublished Dissertation, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Würzburg
- HARGUTT, V., KÖRNER, Y., KRÜGER, H. P. & MAAG, C. (2007): Nicht krankheitsbedingte psychologische Determinanten der Fahreignung und Fahrsicherheit. In: B. MADEA, F. MUßHOFF & G. BERGHAUS (Hrsg.), Verkehrsmedizin – Fahreignung, Fahrsicherheit, Unfallrekonstruktion (pp. 599-622). Köln: Deutscher Ärzte-Verlag
- HARGUTT, V. & KRÜGER, H.-P. (2009): Zur Psychologie der Müdigkeit im Verkehrskontext. In: N. BIRBAUMER, D. FREY, J. KUHL & H.-P. KRÜGER (Hrsg.), Grundlagen der Verkehrspsychologie (in Vorbereitung) (Themenbereich D ed., Vol. 1). Göttingen: Hogrefe
- HART, S. G. & STAVELAND, L. E. (1988): Development of NASA TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. Human Mental Workload
- HART, S. G. & WICKENS, C. D. (1990): Workload assessment and prediction. In: H. R. BOOHER (Eds.), MANPRINT: An approach to systems integration (pp. 257-296). New York: van Nostrand Reinhold
- HATFIELD, B. D. & KERICK, S. E. (2007): The Psychology of Superior Sport Performance – A Cognitive and Affective Neuroscience Perspective. In: G. TENENBAUM & R. C. EKLUND (Eds.), Handbook of Sport Psychology (3rd ed., pp. 84-109). Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- HOCKEY, G. R. J. (1997): Compensatory Control in the Regulation of Human Performance under Stress and High Workload: A Cognitive-Energetical Workload. Biological Psychology, 45, 73-93
- HODGES, N. J., HUYS, R. & STARKES, J. L. (2007): Methodological Review and Evaluation of Research in Expert Performance in Sport. In: G. TENENBAUM & R. C. EKLUND (Eds.), Handbook of Sport Psychology (3rd ed., pp. 161-183). Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- HOFFMANN, U. (2009): Das große Lexikon der Motorradtechnik. Königswinter: HEEL Verlag GmbH
- HORBERRY, T., HUTCHINS, R. & TONG, R. (2008): Motorcycle Rider Fatigue: A review (No. 78). London: Transport Research Limited
- HORSWILL, M. S. & HELMAN, S. (2003): A behavioral comparison between motorcyclists and a matched group of non-motorcycling car drivers: factors influencing accident risk. Accident Analysis and Prevention, 35 (4), 589-597
- HOSKING, S. G., LIU, C. C. & MEGAN, B. (2010): The visual search patterns and hazard responses of experienced and inexperienced motorcycle riders. Accident Analysis and Prevention, 42 (1), 196-202

- HUTCHINSON, J. C. & TENENBAUM, G. (2007): Attention focus during physical effort: The mediating role of task intensity. *Psychology of Sport and Exercise*, 8 (2), 233-245
- HUTH, V., BIRAL, F., MARTIN, Ó. & LOT, R. (2012): Comparison of two warning concepts of an intelligent Curve Warning system for motorcyclists in a simulator study. *Accident Analysis and Prevention*, 44, 118-125
- HUTH, V. & GELAU, C. (2012): Predicting the acceptance of advanced rider assistance systems. *Accident Analysis and Prevention*, in press
- JAHN, G., OEHME, A., KREMS, J. F. & GELAU, C. (2005): Peripheral detection as a workload measure in driving: Effects of traffic complexity and route guidance system use in a driving study. *Transportation Research, Part F*, 8, 255-275
- JAMSON, S. & CHORLTON, K. (2009): The changing nature of motorcycling: Patterns of use and rider characteristics. *Transportation research, Part F*, 12 (4), 335-346
- KAHNEMAN, D. (1973): *Attention and effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall
- KATAYAMA, T. (1998): Mathematical models for the study of motorcycle handling and previous stability (nur Abstract). *JSAE Review*, 19 (1), 92
- KIMURA, K., MARUNAKA, K. & SUGIURA, S. (1997): Human Factors Considerations for Automotive Navigation Systems – Legibility, Comprehension, and Voice Guidance. In: Y. I. NOY (Eds.), *Ergonomics and Safety of Intelligent Driver Interfaces* (pp. 153-167). Ottawa: Lawrence Erlbaum Associates
- KISHI, H. & SUGIURA, S. (1993): Human Factors Considerations for Voice Route Guidance. In: S. o. A. Engineers (Ed.), *Automotive Display Systems and IVHS* (pp. 99-109). Warrendale
- KLEINMANN, M., MANZEY, D., SCHUMACHER, S. & FLEISHMAN, E. A. (2010): Fleishman – Jobanalysensystem für eigenschaftsbezogene Anforderungsanalysen. Göttingen: Hogrefe Verlag
- KLOSTERMANN, P., SCHNEIDER, V., WESSEL, J. & THOMSEN, M. (2003): Tödliche Motorradunfälle in Berlin und Brandenburg – Analyse und Ergebnisse auf der Basis von Straßenverbindungen. Berlin: Books on Demand GmbH
- KOCH, J. (1980): *Experimentelle und analytische Untersuchungen des Motorrad-Fahrer-Systems* (Vol. 40). Düsseldorf: VDI Verlag
- KORNAU, M. (2006): Gefühl für Weg und Zeit – Nur die letzten Sekunden zählen. *VRR – VerkehrsRechtsReport*, 2/2006 (2), 5
- LANSDOWN, T. C., BROOK-CARTER, N. & KERSLOOT, T. (2004): Distraction from multiple in-vehicle secondary tasks: vehicle performance and mental workload implications. *Ergonomics*, 47 (1), 91-104
- LEE, J., FORLIZZI, J. & HUDSON, S. E. (2008): Iterative design of MOVE: A situationally appropriate vehicle navigation system. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66 (3), 198-215
- LERNER, N. D. (2005, 27.-30. Jun. 2005): Deciding to be distracted. Paper presented at the Third International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design, Rockport, Maine
- LEWIS-EVANS, B. & CHARLTON, S. G. (2006): Explicit and implicit processes in behavioural adaption to road width. *Accident Analysis and Prevention*, 38 (3), 610-617
- MANZEY, D. (1998): Psychophysiologie mentaler Beanspruchung. In: ROESLER, F. (Hrsg.), *Ergebnisse und Anwendungen der Psychophysiologie*. Enzyklopaedie der Psychologie, Themenbereich C, Theorie und Forschung, Serie I, Biologische Psychologie, Band, 5, 799-864
- MARSH, A. P. & MARTIN, P. E. (1998): Perceived exertion and the preferred cycling cadence. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30 (6), 942-948
- MASTERS, K. S. & OGLES, B. M. (1998): Associative and dissociative cognitive strategies in exercise and running: 20 years later, what do we know? *The Sport Psychologist*, 12 (3), 253-270
- McKNIGHT, A. J. & McKNIGHT, A. S. (1994): The effects of Motorcycle Helmets upon seeing and hearing (No. DOT HS 808 399). Washington,

- D.C.: National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA
- MIYAMARU, Y., YAMASAKI, G. & AOKI, K. (2002): Development of a motorcycle riding simulator. *JSAE review*, 23 (1), 121-126
- MORONEY, W. F., BIERS, D. W. & EGGEMEIER, F. T. (1995): Some measurement and methodological considerations in the application of subjective workload measurement techniques. *International Journal of Aviation Psychology*, 5 (1), 87-106
- MORTIMER, R. G. (1984): Evaluation of the Motorcycle Rider course. *Accident Analysis and Prevention*, 16 (1), 63-71
- MPORAS, I., KOCSIS, O., GANCHEV, T. & FAKOTAKIS, N. (2010): Robust speech interaction in motorcycle environment. *Expert Systems with Applications*, 37 (3), 1827-1835
- NACHREINER, F. (1999): International Standards on Mental Work-Load – The ISO 10075 Series-. *Industrial Health*, 37, 125-133
- NACHREINER, F. (1999): International Standards on Mental Work-Load – The ISO 10075 Series-. *Industrial Health*, 37, 125-133
- NACHREINER, F. (Hrsg.) (1999): *Studien zur Arbeits- und Organisationspsychologie* (Vol. 16). Frankfurt am Main: Peter Lang
- National Highway Traffic Safety Administration, N. (1997): Do motorcycle helmets affect riders' vision and hearing? *Annals of Emergency Medicine*, 29 (2), 282-283
- NIETSCHKE, R., HUBER, G., BERG, A., MARQUARDT, H., MÜLLER, R., HAASPER, M. & REBE, T. (2008): Changes in blood pressure (RR), heart rate (HR) and energy profile (EP) depending on age (years), body mass index (BMI), general physical level (h/week) and job-related and time spent motor cycling during long-time motor cycling for average male test person. Paper presented at the 7. Internationale Motorradkonferenz. Retrieved from <http://www.ifz.de/publikationen-forschungshefte.htm>
- NJÄ, O. & NESVÅG, S. M. (2007): Traffic behaviour among adolescents using mopeds and light motorcycles. *Journal of Safety Research*, 38 (4), 481-492
- O'DONNELL, C. R. D. & EGGEMEIER, F. T. (1986): Workload assessment methodology. In: K. R. BOFF, L. KAUFMANN & J. P. THOMAS (Eds.), *Handbook of perception and human performance* (Vol. II: Cognitive Process and Performance, pp. 41-43). New York: John Wiley and Sons
- O'DONNELL, I. & FARMER, R. (1995): The Limitations of Official Suicide Statistics. *British Journal of Psychiatry*, 166 (4), 458-461
- O'DONNELL, R. & EGGEMEIER, F. T. (1986): Workload assessment methodology. In: K. R. BOFF, L. KAUFMAN & J. P. THOMAS (Eds.), *Handbook of perception and human performance* (Vol. II, 42: Cognitive processes and performance, pp. 1-43). New York: Wiley
- O'DONNELL, R. D. (1989): Performance assessment requirements for future cockpit systems. In: A. COBLENTZ (Ed.), *Vigilance and performance in automatized systems – Vigilance et performance de l'homme dans les systemes automatisees*. NATO Advanced Science Institutes series. Series D: Behavioural and social sciences (Vol. 49, pp. 87-97): Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands
- PFENDLER, C. & PITRELLA, F. D. W., D. (1995): Messung der Beanspruchung bei der Systembewertung: Forschungsinstitut für Anthropotechnik
- RASMUSSEN, P., STIE, H., NYBO, L. & NIELSEN, B. (2004): Heat induced fatigue and changes of the EEG is not related to reduced perfusion of the brain during prolonged exercise in humans. *Journal of Thermal Biology*, 29 (7-8), 731-737
- RAZON, S., BASEVITCH, I., LAND, W., THOMPSON, B. & TENENBAUM, G. (2009): Perception of exertion and attention allocation as a function of visual and auditory conditions. *Psychology of Sport and Exercise*, 10 (6), 636-643
- REID, G. B. & NYGREN, T. E. (1988): The subjective workload assessment technique: a scaling procedure for measuring mental workload. In: P. A. HANCOCK & N. MESHKATI (Eds.), *Human mental workload* (pp. 185-218). Amsterdam: Elsevier
- REJESKI, W. J. (1985): Perceived Exertion: An active or passive Process? *Journal of Sport Psychology*, 7 (4), 371-378

- ROBERTSON, S. A. & MINTER, A. (1996): A study of some anthropometric characteristics of motorcycle riders. *Applied Ergonomics*, 27 (4), 223-229
- ROHRMANN, B. (1978): Empirische Studien zur Entwicklung von Antwortskalen für die sozialwissenschaftliche Forschung. *Zeitschrift für Sozialpsychologie*, 9, 222-224
- ROSS, T. & BRADE, S. (1995, 19. Jan. 1995): An empirical study to determine guidelines for optimum timing of route guidance instructions. Paper presented at the Colloquium on Design of the Driver Interface, London
- ROSS, T., VAUGHAN, G. & NICOLLE, C. (1997): Design Guidelines for Route Guidance Systems: Development Process and an Empirical Example for Timing of Guidance Instructions. In: Y. I. NOY (Ed.), *Ergonomics and Safety of Intelligent Driver Interfaces* (pp. 139-152). Ottawa: Lawrence Erlbaum Associates
- RUSSELL, W. D. & WEEKS, D. L. (1994): Attentional style in ratings of perceived exertion during physical exercise. *Perceptual and Motor Skills*, 78, 779-783
- SANDERS, A. F. (1983): Towards a model of stress and human performance. *Acta Psychologica*, 53, 61-97
- SCHMIDTKE, H. (1993): *Ergonomie* (3. Auflage ed.). München: Hanser
- SCHNEIDER, S. (2007): Fahrdynamik von Motorrädern – Teil 1. VRR – VerkehrsRechtsReport, 8/2007 (8), 3
- SCHNEIDER, S. (2007): Fahrdynamik von Motorrädern – Teil 2. VRR – VerkehrsRechtsReport, 12/2007 (12), 4
- SCHÖNPFLUG, W. (1987): Beanspruchung und Belastung bei der Arbeit – Konzepte und Theorien. In: U. KLEINBECK & J. RUTENFRANZ (Hrsg.) (pp. 130-184). Göttingen: Hogrefe
- SCHULZ, U. & SEIFERT, A. (2008): Situational hazard awareness of motorcyclists. Paper presented at the 7. Internationale Motorradkonferenz. Retrieved from <http://www.ifz.de/publikationen-forschungshefte.htm>
- SCHUMACHER, M. (2001): Vergleich verschiedener subjektiver Maße der Beanspruchung bei Realfahrten im Pkw. Unpublished Diplomarbeit, Julius-Maximilian Universität, Würzburg
- SEINIGER, P. (2009): Erkennbarkeit und Vermeidbarkeit von ungebremsten Motorrad-Kurvenunfällen (Vol. 707). Düsseldorf: VDI Verlag
- SEINIGER, P. & WINNER, H. (2009): Objektive Erkennung kritischer Fahrsituationen von Motorrädern (Vol. 73). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH
- SEPPELT, B. & WICKENS, C. D. (2003): In-Vehicle Tasks: Effects of Modality, Driving Relevance, and Redundancy (No. AHFD-03-16/GM-03-2). Savoy: University of Illinois, Aviation Human Factors Division
- SHAHAR, A., POULTER, D., CLARKE, D. & CRUNDALL, D. (2010): Motorcyclists' and car drivers' responses to hazards (nur Abstract). *Transportation research, Part F*, 13 (4), 243-254
- SHINAR, D. (2007): Driver Information Processing: Attention, Perception, Reaction Time and Comprehension. In: D. SHINAR (Ed.), *Traffic Safety and Human Behavior* (pp. 131-178). Oxford, UK: Elsevier
- SRINIVASAN, R. (1999): Overview of some Human Factors Design Issues for In-Vehicle Navigation and Route Guidance Systems. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1694, 20-26
- Statistisches Bundesamt (2010): *Verkehrsunfälle – Unfallentwicklung im Straßenverkehr 2009*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt
- Statistisches Bundesamt (2010): *Verkehrsunfälle – Zweiradunfälle im Straßenverkehr 2008*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt
- STEDMON, A. W. (2008): Research issues in Motorcycle Ergonomics & Rider Human Factors. Paper presented at the 7. Internationale Motorradkonferenz. Retrieved from <http://www.ifz.de/publikationen-forschungshefte.htm>
- STEDMON, A. W., HASSELDINE, B., RICE, D., YOUNG, M., MARKHAM, S., HANCOX, M., BRICKELL, E. & NOBLE, J. (2009): 'MotorcycleSim': An Evaluation of Rider Interaction with an innovative Motorcycle Simulator. *The Computer Journal*, 54 (7), 1010-1025

- STEG, L. & van BRUSSEL, A. (2009): Accidents, aberrant behaviours, and speeding of young moped riders. *Transportation Research, Part F*, 12 (6), 503-511
- STOFFREGEN, J. (2010): *Motorradtechnik – Grundlagen und Konzepte von Motor, Antrieb und Fahrwerk* (7. überarbeitete und erweiterte Auflage ed.). Wiesbaden: Vieweg + Teubner, GWV Fachverlage GmbH
- TAMMEN, V. V. (1996): Elite Middle and Long Distance Runners Associative/Dissociative Coping. *Journal of applied sport psychology*, 8 (1), 1-8
- TANG, K.-H. (2003): A field study on validation of supplemental brake lamp with flashing turn signals for motorcycles. *International journal of industrial ergonomics*, 31 (5), 295-302
- TANG, K.-H., TSAI, L.-C. & LEE, Y.-H. (2006): A human factors study on a modified stop lamp for motorcycles. *International journal of industrial ergonomics*, 36 (6), 533-540
- TENENBAUM, G. & CONNOLY, C. T. (2008): Attention allocation under varied workload and effort perception in rowers. *Psychology of Sport and Exercise*, 9 (5), 704-717
- TIJERINA, L., PARMER, E. & GOODMAN, M. J. (1998, 12.-16. Oct. 1998): Driver workload assessment of route guidance system destination entry while driving: A test track study. Paper presented at the 5th ITS World Congress, Seoul, Korea
- TNO (2007): Independent research by Dutch research institute TNO shows that satellite navigation systems have a positive influence on road safety (Summary) (No. TNO 2007-D-R0048/B). Delft: Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek
- TOYOFUKU, Y., MATSUSHIMA, K., IRIE, Y., YONEZAWA, H. & MIZUNO, K. (1994): Study on the effects of motorcycle anti-lock-braking-system for skilled and less-skilled riders: regarding braking in a turn. *JSAE review*, 15 (3), 223-228
- TRAVERS, P. R. & JENNINGS, A. M. (1980): The arousal state of motorcyclists. *Traffic education: The journal of the Schools' Traffic Education Programme*, 5 (2), 2
- TSANG, P. S., VELAZQUEZ, V. L. & VIDULICH, M. A. (1996): Viability of resource theories in explaining time-sharing performance. *Acta Psychologica*, 91 (2), 175-206
- TSIMHONI, O., SMITH, D. T. & GREEN, P. (2004): Address entry while driving: speech recognition versus touch-screen keyboard. *Human Factors*, 46 (4), 600-610
- VERWEY, W. B. (2000): On-line driver workload estimation. Effects of road situation and age on secondary task measures. *Ergonomics*, 43 (2), 187-209
- VORNDRAN, I. (2009): Unfallentwicklung auf deutschen Straßen 2008. *Wirtschaft und Statistik*, 7/2009, 697-710
- WICK, M., MÜLLER, E. J., EKKERNKAMP, A. & MUHR, G. (1998): The motorcyclist: Easy rider or easy victim? An analysis of motorcycle accidents in Germany. *The American Journal of Emergency Medicine*, 16 (3), 320-323
- WICKENS, C. D. (1980): The structure of attentional resources. In: R. NICKERSON (Ed.), *Attention and Performance VIII* (pp. 239-257). Hillsdale, NJ: Erlbaum
- WICKENS, C. D. (1984): *Engineering psychology and human performance*. Columbus: Charles E. Merrill Publishing Company
- WICKENS, C. D. & GOSNEY, J. L. (2003): Redundancy, Modality, Priority and Instructions in Dual Task Interference between Simulated Vehicle Control and In-Vehicle Technology (No. AHFD-03-18/GM-03-3). Savoy: University of Illinois, Aviation Human Factors Division
- WICKENS, C. D. & McCARLEY, J. S. (2008): *Applied Attention Theory*. Boca Raton: CRC Press
- WIELAND-ECKELMANN, R. (1991): *Kognition, Emotion und psychische Beanspruchung*. Göttingen: Hogrefe
- WILDE, G. J. S. (1982): The theory of risk homeostasis: Implications for safety and health. *Risk Analysis*, 2 (4), 209-225
- WONG, J.-T., CHUNG, Y.-S. & HUANG, S.-H. (2010): Determinants behind young motorcyclists' risky riding behavior. *Accident Analysis and Prevention*, 42 (1), 275-281

- WRISBERG, C. A., Don FRANKS, B., BIRDWELL, M. W. & HIGH, D. M. (1988): Physiological and psychological responses to exercise with an induced attentional focus. *Perceptual and Motor Skills*, 66, 603-616
- WULF, G., HANCOCK, P. A. & RAHIMI, M. (1989): Motorcycle Conspicuity: An Evaluation and Synthesis of Influential Factors. *Journal of Safety Research*, 20 (4), 153-176
- YAMASAKI, G., AOKI, K., MIYAMARU, Y. & OHNUMA, K. (1998): Development of motorcycle training simulator. *JSAE Review*, 19 (1), 81-85
- YOKOMORI, M., OYA, T. & KATAYAMA, A. (2000): Rider control behavior to maintain stable upright position at low speed. *JSAE Review*, 21 (1), 61-65
- ZEITLIN, L. R. & FINKELMAN, J. M. (1975): Subsidiary Task Techniques of Digit Generation and Digit-Recall as Indirect Measures of Operator Loading. [Research Note]. *Human Factors*, 17 (2), 218-220

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Fahrzeugtechnik“

2001

F 33: Sicherheitsbelange aktiver Fahrdynamikregelungen
Gaupp, Wobben, Horn, Seemann € 17,00

F 34: Ermittlung von Emissionen im Stationärbetrieb mit dem
Emissions-Mess-Fahrzeug
Sander, Bugsel, Sievert, Albus € 11,00

F 35: Sicherheitsanalyse der Systeme zum Automatischen Fahren
Wallentowitz, Ehmanns, Neunzig, Weilkes, Steinauer, Bölling,
Richter, Gaupp € 19,00

F 36: Anforderungen an Rückspiegel von Krafträdern
van de Sand, Wallentowitz, Schrüllkamp € 14,00

F 37: Abgasuntersuchung – Erfolgskontrolle: Ottomotor – G-Kat
Afflerbach, Hassel, Schmidt, Sonnborn, Weber € 11,50

F 38: Optimierte Fahrzeugfront hinsichtlich des Fußgänger-
schutzes
Friesen, Wallentowitz, Philipps € 12,50

2002

F 39: Optimierung des rückwärtigen Signalbildes zur Reduzierung
von Auffahrunfällen bei Gefahrenbremsung
Gail, Lorig, Gelau, Heuzeroth, Sievert € 19,50

F 40: Entwicklung eines Prüfverfahrens für Spritzschutzsysteme
an Kraftfahrzeugen
Domsch, Sandkühler, Wallentowitz € 16,50

2003

F 41: Abgasuntersuchung: Dieselfahrzeuge
Afflerbach, Hassel, Mäurer, Schmidt, Weber € 14,00

F 42: Schwachstellenanalyse zur Optimierung des Notausstieg-
systems bei Reisebussen
Krieg, Rüter, Weißgerber € 15,00

F 43: Testverfahren zur Bewertung und Verbesserung von Kin-
derschutzsystemen beim Pkw-Seitenaufprall
Nett € 16,50

F 44: Aktive und passive Sicherheit gebrauchter Leichtkraftfahrzeuge
Gail, Pastor, Spiering, Sander, Lorig € 12,00

2004

F 45: Untersuchungen zur Abgasemission von Motorrädern im
Rahmen der WMTC-Aktivitäten
Steven € 12,50

F 46: Anforderungen an zukünftige Kraftrad-Bremssysteme zur
Steigerung der Fahrsicherheit
Funke, Winner € 12,00

F 47: Kompetenzerwerb im Umgang mit Fahrerinformations-sys-
temen
Jahn, Oehme, Rösler, Krems € 13,50

F 48: Standgeräuschmessung an Motorrädern im Verkehr und
bei der Hauptuntersuchung nach § 29 StVZO
Pullwitt, Redmann € 13,50

F 49: Prüfverfahren für die passive Sicherheit motorisierter Zweiräder
Berg, Rücker, Bürkle, Mattern, Kallieris € 18,00

F 50: Seitenairbag und Kinderrückhaltesysteme
Gehre, Kramer, Schindler € 14,50

F 51: Brandverhalten der Innenausstattung von Reisebussen
Egelhaaf, Berg, Staubach, Lange € 16,50

F 52: Intelligente Rückhaltesysteme
Schindler, Kühn, Siegler € 16,00

F 53: Unfallverletzungen in Fahrzeugen mit Airbag
Klanner, Ambos, Paulus, Hummel, Langwieder, Köster € 15,00

F 54: Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern an Kreuzungen
durch rechts abbiegende Lkw
Niewöhner, Berg € 16,50

2005

F 55: 1st International Conference on ESAR „Expert Symposium
on Accident Research“ – Reports on the ESAR-Conference on
3rd/4th September 2004 at Hannover Medical School € 29,00

2006

F 56: Untersuchung von Verkehrssicherheitsaspekten durch die
Verwendung asphärischer Außenspiegel
Bach, Rüter, Carstengerdes, Wender, Otte € 17,00

F 57: Untersuchung von Reifen mit Notlaufeigenschaften
Gail, Pullwitt, Sander, Lorig, Bartels € 15,00

F 58: Bestimmung von Nutzfahrzeugemissionsfaktoren
Steven, Kleinebrahm € 15,50

F 59: Hochrechnung von Daten aus Erhebungen am Unfallort
Hautzinger, Pfeiffer, Schmidt € 15,50

F 60: Ableitung von Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme
aus Sicht der Verkehrssicherheit
Vollrath, Briest, Schießl, Drewes, Becker € 16,50

2007

F 61: 2nd International Conference on ESAR „Expert Symposium
on Accident Research“ – Reports on the ESAR-Conference on
1st/2nd September 2006 at Hannover Medical School € 30,00

F 62: Einfluss des Versicherungs-Einstufungstests auf die Belan-
ge der passiven Sicherheit
Rüter, Zoppke, Bach, Carstengerdes € 16,50

F 63: Nutzerseitiger Fehlgebrauch von Fahrerassistenzsystemen
Marberger € 14,50

F 64: Anforderungen an Helme für Motorradfahrer zur Motorrad-
sicherheit
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflich-
tig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Schüler, Adolph, Steinmann, Ionescu € 22,00

F 65: Entwicklung von Kriterien zur Bewertung der Fahrzeugbel-
euchtung im Hinblick auf ein NCAP für aktive Fahrzeugsicherheit
Manz, Kooß, Klinger, Schellinger € 17,50

2008

F 66: Optimierung der Beleuchtung von Personenwagen und
Nutzfahrzeugen
Jebas, Schellinger, Klinger, Manz, Kooß € 15,50

F 67: Optimierung von Kinderschutzsystemen im Pkw
Weber € 20,00

F 68: Cost-benefit analysis for ABS of motorcycles
Baum, Westerkamp, Geißler € 20,00

F 69: Fahrzeuggestützte Notrufsysteme (eCall) für die Verkehrssicherheit in Deutschland
Auerbach, Issing, Karrer, Steffens € 18,00

F 70: Einfluss verbesserter Fahrzeugsicherheit bei Pkw auf die Entwicklung von Landstraßenunfällen
Gail, Pöppel-Decker, Lorig, Eggers, Lerner, Ellmers € 13,50

2009

F 71: Erkennbarkeit von Motorrädern am Tag – Untersuchungen zum vorderen Signalbild
Bartels, Sander € 13,50

F 72: 3rd International Conference on ESAR „Expert Symposium on Accident Research“ – Reports on the ESAR-Conference on 5th / 6th September 2008 at Hannover Medical School € 29,50

F 73: Objektive Erkennung kritischer Fahrsituationen von Motorrädern
Seiniger, Winner € 16,50

2010

F 74: Auswirkungen des Fahrens mit Tempomat und ACC auf das Fahrverhalten
Vollrath, Briest, Oeltze € 15,50

F 75: Fehlgebrauch der Airbagabschaltung bei der Beförderung von Kindern in Kinderschutzsystemen
Müller, Johannsen, Fastenmaier € 15,50

2011

F 76: Schutz von Fußgängern beim Scheibenanprall II
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Bovenkerk, Gies, Urban € 19,50

F 77: 4th International Conference on ESAR „Expert Symposium on Accident Research“
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden. € 29,50

F 78: Elektronische Manipulation von Fahrzeug- und Infrastruktursystemen
Dittmann, Hoppe, Kiltz, Tuchscheerer € 17,50

F 79: Internationale und nationale Telematik-Leitbilder und IST-Architekturen im Straßenverkehr
Boltze, Krüger, Reusswig, Hillebrand € 22,00

F 80: Untersuchungskonzepte für die Evaluation von Systemen zur Erkennung des Fahrerzustands
Eichinger € 15,00

F 81: Potential aktiver Fahrwerke für die Fahrsicherheit von Motorrädern
Wunram, Eckstein, Rettweiler € 15,50

F 82: Qualität von on-trip Verkehrsinformationen im Straßenverkehr – Quality of on-trip road traffic information – BAST-Kolloquium 23. & 24.03.2011
Lotz, Luks € 17,50
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

2012

F 83: Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung – Gemeinsamer Schlussbericht der Projektgruppe
Gasser, Arzt, Ayoubi, Bartels, Bürkle, Eier, Flemisch, Häcker, Hesse, Huber, Lotz, Maurer, Ruth-Schumacher, Schwarz, Vogt € 19,50

F 84: Sicherheitswirkungen von Verkehrsinformationen – Ent-

wicklung und Evaluation verschiedener Warnkonzepte für Stauendwarnungen
Bogenberger, Dinkel, Totzke, Naujoks, Mühlbacher € 17,00

F 85: Cooperative Systems Stakeholder Analysis
Schindhelm, Calderaro, Udin, Larsson, Kernstock, Jandrisits, Ricci, Geißler, Herb, Vierkötter € 15,50

2013

F 86: Experimentelle Untersuchung zur Unterstützung der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen für ältere Kraftfahrer
Hoffmann, Wipking, Blanke, Falkenstein € 16,50

F 87: 5th International Conference on ESAR „Expert Symposium on Accident Research“
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 88: Comparative tests with laminated safety glass panes and polycarbonate panes
Gehring, Zander € 14,00

F 89: Erfassung der Fahrermüdigkeit
Platho, Pietrek, Kolrep € 16,50

F 90: Aktive Systeme der passiven Fahrzeugsicherheit
Nuß, Eckstein, Berger € 17,90

F 91: Standardisierungsprozess für offene Systeme der Straßenverkehrstelematik
Kroen € 17,00

F 92: Elektrofahrzeuge – Auswirkungen auf die periodisch technische Überwachung
Beyer, Blumenschein, Bönninger, Grohmann, Lehmann, Meißner, Paulan, Richter, Stiller, Calker € 17,00

2014

F 93: Entwicklung eines Verfahrens zur Erfassung der Fahrerbeanspruchung beim Motorradfahren
Buld, Will, Kaussner, Krüger € 17,50

Alle Berichte sind zu beziehen im:

Carl Schünemann Verlag GmbH
Zweite Schlachtpforte 7
28195 Bremen
Tel. (0421) 3 69 03-53
Fax (0421) 3 69 03-48
www.schuenemann-verlag.de

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.