

Sicherheit
Safety

Umwelt
Environment

Zukunft
Future

Tagungsband der 6. Internationalen
Motorradkonferenz 2006
Proceedings of the 6th International
Motorcycle Conference 2006

Herausgeber / edited by
Institut für Zweiradsicherheit e.V.
Institute for Motorcycle Safety e.V.

Forschungshefte
Zweiradsicherheit
ifz-Research
Publication Series

ISSN 2701-522X

12

Vorwort

Die 6. Internationale Motorradkonferenz des Instituts für Zweiradsicherheit (ifz) im Jahr 2006 ist für das ifz wie auch für mich ein ganz besonderes Ereignis. Zum einen feiert das Institut in diesem Jahr sein 25-jähriges Bestehen, zum anderen bin ich seit einem Jahr Leiter des ifz und habe zum ersten Mal die Ehre und das Vergnügen, diese Konferenz auszurichten und zu leiten.

Als Ergebnis unseres weltweiten Aufrufs zur aktiven Konferenzteilnahme wurden zahlreiche hochkarätige Beiträge aus aller Welt eingereicht, von denen der Wissenschaftliche Beirat aufgrund der knappen Zeitressourcen leider nur 22 auswählen konnte. Allen Einsendern gilt unser herzlicher Dank – verbunden mit der Bitte, auch beim nächsten Mal im Jahr 2008 Vorschläge einzureichen. Dass die verbliebenen Beiträge aus neun Nationen von vier Kontinenten stammen, unterstreicht die Internationalität und Bedeutung dieser Konferenz.

Bedanken möchten wir uns beim Wissenschaftlichen Beirat der Internationalen Motorradkonferenz, der – wie in den Jahren zuvor – Einfühlungsvermögen, Sachverstand und Kompetenz bewiesen hat.

Unter dem Motto „Sicherheit – Umwelt – Zukunft“ haben wir durch die Themengebiete Unfallforschung, Sicherheitstechnik, Umweltverträglichkeit, Fahrer/Fahrzeug/Fahrverhalten und Entwicklungstendenzen alle Aspekte rund um das motorisierte Zweirad erfasst. Alle Beiträge zu diesen Themengebieten werden anlässlich dieser Konferenz zum ersten Mal veröffentlicht, so dass Aktualität und Spannung garantiert sind.

Novum ab diesem Jahr ist bei der Dokumentation der Konferenzbeiträge die Umstellung der ifz-Forschungshefte vom gebundenen Buch auf CD-ROM, die individuelle Recherchen erleichtern soll.

Preface

The 6th International Motorcycle Conference of the Institute for Motorcycle Safety (ifz) in 2006 is a special event not only for the ifz itself but also for me. On the one hand it is the 25th anniversary of the institute; and on the other hand it is the fact that I have been in charge of the ifz for one year now and it is for the first time that I have the honour and pleasure to manage and preside this conference.

As a result of the ifz's worldwide call for papers, numerous top-class papers from all over the world have been submitted which, unfortunately, the Steering Committee had to reduce to 22 because of the time factor. Many thanks to all subscribers who are kindly welcome to submit their papers again in 2008 for the next conference. The fact that the papers, which actually will be presented during the conference, derive from four continents clearly emphasises the international importance of the event.

I'd like to thank the Steering Committee of the International Motorcycle Conference whose members – like in the years before – have proven their empathy, expertise and competence.

According to our motto „Safety – Environment – Future“ we have covered anew all aspects around powered two-wheelers by concentrating on the fields of Accident Research, Safety Technology, Environmental Compatibility, Rider/Vehicle/Rider Behaviour and Tendencies in Development. On the occasion of the conference all conference papers will be released as first publications and thus provide utmost topical importance and suspense up to the end.

This year's novelty with respect to the documentation of conference papers will be the change from print media to CD-ROM which is supposed to ease individual investigation.

Damit unsere 6. Internationale Motorradkonferenz in einem adäquaten Rahmen erfolgreich durchgeführt werden kann, sind externe Sponsoren unverzichtbar. Deshalb möchten wir uns herzlich beim Industrie-Verband Motorrad Deutschland e.V. (IVM), der Koelnmesse GmbH (Deutschland) sowie bei der Motorcycle Safety Foundation (MSF, USA) für die Kooperation bedanken.


Es sind nicht nur Liebe und Leidenschaft aller Beteiligten zum Motorrad, die dieses Thema so unerschöpflich erscheinen lassen, sondern auch Wille und Ehrgeiz aller, das Motorradfahren in Zukunft noch sicherer zu gestalten. Daher wird jetzt und in Zukunft in allen Bereichen der Zweiradsicherheit unermüdlich geforscht, um diesem Ziel einen weiteren Schritt näher zu kommen.

In diesem Sinne die besten Wünsche und Grüße vom ifz

In order to have a successful conference and an adequate framework we can't do without external sponsoring. Let me thus express special thanks to the German Motorcycle Industry Association IVM (Industrie-Verband Motorrad Deutschland e.V.), Koelnmesse GmbH (Germany) as well as the Motorcycle Safety Foundation (MSF, USA) for their kind cooperation.

It is not only the love and passion for motorcycles of all those who contributed to the conference that have made motorcycle matters an inexhaustible topic, but also their strong will and ambition to make motorcycle riding yet safer in the future. Therefore now and in future there will be untiring research in all fields of motorcycle safety aiming at getting closer to this our goal.

All the best to you from ifz


Dr.-Ing. Achim Kuschefski
- Director -

Essen, October 2006



**APROSYS SP4 – erste Ergebnisse des Europäischen Projekts zur
Erhöhung der passiven Sicherheit motorisierter Zweiräder**

**APROSYS SP4 – First Findings of the European Project to
Enhance PTW Secondary Safety**

**APROSYS SP4 – Premiers résultats du projet européen sur
l'accroissement de la sécurité passive pour les deux-roues
motorisées**

Jens König, Peter Rücker, F. Alexander Berg
DEKRA Automobil GmbH
Unfallforschung & Crash Test Center, Germany

Kurzfassung

Entgegen dem allgemeinen Trend mit rückläufigen Zahlen bei getöteten und schwerverletzten Verkehrsteilnehmern in Europa, ist bei den Aufsassen motorisierter Zweiräder seit mehreren Jahren eine Stagnation auf hohem Niveau zu beobachten. Mehr als 6000 Zweiradbenutzer verunfallen weiterhin jedes Jahr tödlich auf europäischen Straßen. Dies entspricht einem Anteil von 16 % aller in der EU-15 getöteten Verkehrsteilnehmer. Vor diesem Hintergrund hat die EU im 6. Rahmenprogramm das Integrierte Projekt APROSYS (Advanced PROtection SYStems) initiiert.

In einem ersten Schritt wurden die nationalen Unfallstatistiken von Deutschland, Italien, den Niederlanden und Spanien analysiert. Merkmale wie Unfallörtlichkeit, Straßenverhältnisse, Straßenverlauf, Verletzungsschwere der Aufsassen und ihre entsprechenden Häufigkeiten führten zur Festlegung von sieben Hauptunfallszenarien. In einem weiteren Schritt wurden die gewonnenen Erkenntnisse anhand von vier in-depth Datenbanken (DEKRA, COST 327, GIDAS 2002 und NL-MAIDS) weitergehend untersucht und folgende Aufgabenstellungen zur näheren Betrachtung definiert:

- Motorisiertes Zweirad gegen Pkw
- Motorisiertes Zweirad gegen Infrastruktureinrichtungen
- Aufsassenschutzkleidung

Neben der Ermittlung der Unfallursachen und der Beschreibung der Aufsassenkinematik wurden Verletzungsmuster und die zur Verletzung führenden Komponenten eingehend untersucht. Der Beitrag stellt die bisher im Rahmen des Projekts gewonnenen Erkenntnisse vor und geht dabei auf die Besonderheiten des Motorradunfallgeschehens ein. Die weiteren Schritte bei der Projektbearbeitung werden dargestellt.

Abstract

Contrary to the general trend with declining numbers of killed and severely injured road users in Europe, the amount of powered two-wheeler casualties still shows a stagnation on a high level. More than 6,000 PTW users deacease yearly on European roads. This is a rate of 1 % of all killed road users in the EU-15 countries. The European Commission therefore launched in 2004 a subproject within an Integrated Project called APROSYS (Advanced PROtection SYStems) emerging out of the 6th Framework Programme.

In a first step the national statistics from Germany, Italy, The Netherlands and Spain have been analysed. Parameters such as accident location, road conditions, road alignment, injury severity of the PTW users and their respective frequencies of occurrence led to the definition of 7 main accident scenarios. Furthermore the gained results have been examined by means of 4 in-depth databases (DEKRA, COST 327, GIDAS 2002 und NL-MAIDS). The following tasks have been considered:

- PTW against passenger car
- PTW against road infrastructure
- Motorcyclist protective devices

Besides the determination of accident causes and rider kinematics, injury patterns and components which effected those injuries have been investigated. The paper presents the first results focussing clearly on PTW accident peculiarities and highlights the further steps of the project.

Résumé

A l'encontre de la tendance générale de baisse du nombre des morts et blessés graves des accidents de la route en Europe, ce chiffre stagne à un niveau élevé depuis plusieurs années chez les deux-roues. Plus de 6000 conducteurs de deux-roues ont chaque année un accident mortel sur les routes européennes. Cela représente une part de 16 % du total des accidents mortels de la route dans l'Union Européenne des 15. Dans ce contexte, l'Union Européenne a initié le projet intégré APROSYS (Advanced PROtection SYStems) dans le 6ème programme cadre.

Dans un premier temps, les statistiques nationales concernant les accidents de la route de l'Allemagne, de l'Italie, des Pays-Bas et de l'Espagne ont été analysées. Sept scénarios principaux d'accidents ont été établis sur la base de caractéristiques telles le lieu des accidents, l'état des routes, la sinuosité des routes, la gravité des accidents et leur fréquence. Dans un second temps les données ainsi recueillies ont été examinées plus en détail à l'aide de 4 bases de données in-depth (DEKRA, COST 327, GIDAS 2002 et NL-MAIDS) et les critères suivants ont été définis:

- les accidents entre les deux-roues et les voitures
- les accidents des deux-roues sur des infrastructures publiques
- les combinaisons de protection pour les conducteurs

Outre la cause des accidents et la description de la cinématique des conducteurs, des modèles généraux de blessures et les éléments conduisant aux blessures ont été étudiés. Cette conférence présente les résultats obtenus jusqu'ici dans le cadre du projet et met l'accent sur les particularités des accidents des deux-roues. Les étapes suivantes de ce projet seront présentées au cours de la conférence.

**APROSYS SP4 – erste Ergebnisse des Europäischen Projekts
zur Erhöhung der passiven Sicherheit motorisierter Zweiräder**

Einführung

Abkürzungen

IP	Integriertes Projekt
SP	Sub-Project (Unterprojekt)
AIS	Abbreviated Injury Scale
MZW	Motorisiertes Zweirad
Gkfv	Güterkraftfahrzeug
P _K	Position der Kollision
P _E	Position der Endlage

Entgegen dem allgemeinen Trend mit rückläufigen Zahlen bei getöteten und schwer verletzten Verkehrsteilnehmern in Europa ist bei den Aufsassen motorisierter Zweiräder seit mehreren Jahren eine Stagnation auf hohem Niveau zu beobachten. Mehr als 6.000 Zweiradbenutzer verunfallen weiterhin jedes Jahr tödlich auf europäischen Straßen. Dies entspricht einem Anteil von 16 % aller in der EU-15 getöteten Verkehrsteilnehmer. Um diesen Entwicklungen wirkungsvoll entgegen zu treten, hat sich die Europäische Kommission in ihrem 3. Road Safety Action Plan die Halbierung der Zahl der Verkehrstoten bis zum Jahr 2010 zum Ziel gesetzt. Für das Jahr 2025 ist eine Reduzierung um 75 %, ausgehend von den Zahlen aus 2001, angestrebt. Vor diesem Hintergrund hat die EU im 6. Rahmenprogramm das Integrierte Projekt APROSYS (Advanced PROtection SYStems) initiiert. Dieses auf passive Sicherheit fokussierte Projekt beschäftigt sich hauptsächlich mit der menschlichen Biomechanik, dem Anprallverhalten von Fahrzeugen und Infrastruktureinrichtungen sowie dem Schutz von Fahrzeuginsassen und übrigen Verkehrsteilnehmern. Im Unterprojekt SP4 „Motorcycle Accidents“ soll das Realunfallgeschehen motorisierter Zweiräder näher untersucht werden. In einem ersten Schritt wurden die nationalen Unfallstatistiken von Deutschland, Italien, den Niederlanden und Spanien analysiert. Dies führte zur Identifizierung der Unfallursachen und zur Festlegung von Unfallszenarien. Dabei standen Mofas/Mopeds als eigenständige Gruppe sowie Motorräder im Blickpunkt. In einem weiteren Schritt wurden die gewonnenen Erkenntnisse anhand von vier in-depth Datenbanken (DEKRA, COST 327, GIDAS 2002 und NL-MAIDS) weitergehend untersucht. Diese Analysen konzentrierten sich auf drei unterschiedliche Aufgabenstellungen. Einerseits wurde das MZW-Pkw Realunfallgeschehen näher betrachtet, andererseits Aufsassenanpralle an passiven Schutzeinrichtungen und anderen Infrastrukturobjekten. Darüber hinaus wurden detaillierte Verletzungsmuster herausgearbeitet, welche im weiteren Projektverlauf zur Optimierung von Schutzkleidung und Helmen dienen sollen.

Unfallstatistiken

Für die Länder Deutschland, Spanien und die Niederlande wurden die Jahrgänge 2000 – 2002 der nationalen Statistiken zur Analyse herangezogen. Aufgrund fehlender Daten für das Jahr 2002 wurden für Italien die Jahrgänge 1999 – 2002 untersucht [1]. Da für die entsprechenden Länder zum Teil unterschiedliche Datenerfassungsmethoden und Klassifizierungen gelten, wurden zunächst eine kurze Beschreibung der Landesstatistiken und die jeweiligen Restriktionen der Analyse vorangestellt. Um mögliche Unterschiede im Unfallgeschehen bei den verschiedenen Fahrzeugklassen zu erkennen, wurden die MZW in Mofa/Moped und Motorrad unterteilt und separat analysiert. Zunächst wurde eine Gesamtübersicht der motorisierten Zweiradunfälle des jeweiligen Landes erstellt. Angaben zu den verunfallten Aufsassen (Alter, Geschlecht) sowie weitere Informationen zu anderen Einflussgrößen (Unfallzeit, Straßenverlauf und -zustand, Wetter- und Lichtverhältnisse) wurden herausgearbeitet. Bezüglich der Ortslage wurde zwischen Innerorts- und Außerortsunfällen unterschieden. Für die Bestimmung der Unfallszenarien, welche im weiteren Verlauf des Projekts eingehender untersucht werden sollen, wurden vier Hauptmerkmale definiert:

- ⇒ Fahrzeugtyp (Mofa/Moped, Motorrad)
- ⇒ Unfallart (Alleinunfall, Unfall mit mehreren Beteiligten)
- ⇒ Straßenverlauf (Gerade, Kurve, Knotenpunkt)
- ⇒ Ortslage. (innerorts, außerorts)

Diese Variablen wurden miteinander kombiniert und analysiert, wobei das Hauptaugenmerk auf Unfälle mit schwer verletzten oder getöteten Zweiradaufsassen gelegt wurde.

Deutschland

Rechtsgrundlage für die Zusammenstellung der Daten ist das Gesetz über die Statistik der Straßenverkehrsunfälle. Hiernach wird über Unfälle, bei denen in Folge des Fahrverkehrs auf öffentlichen Wegen und Plätzen Personen getötet oder verletzt oder Sachschäden verursacht worden sind, eine Bundesstatistik geführt. Auskunftspflichtig sind laut Gesetz die Polizeidienststellen, deren Beamte den Unfall aufgenommen haben. Bundeseinheitliche Verkehrsunfallanzeigen werden von den aufnehmenden Polizeibeamten ausgefüllt und an die entsprechenden Statistischen Landesämter weitergeleitet. Die Statistik weist demnach nur solche Unfälle aus, welche auch tatsächlich von Polizeibeamten protokolliert wurden. Insbesondere Verkehrsunfälle mit nur Sachschaden oder mit nur geringfügigen Verletzungen werden zu einem relativ großen Teil der Polizei nicht angezeigt. Die vom Statistischen Bundesamt publizierten Jahresberichte „Fachserie 8/Reihe 7 Verkehrsunfälle“ enthalten vordefinierte Ab-

fragen, die sich mehrheitlich mit dem Pkw-Unfallgeschehen beschäftigen. Zudem sind Daten, welche nicht explizit im Jahrbuch aufgeführt sind, nur schwer zu erhalten. So sind beispielsweise keine Aussagen über den Straßenverlauf am Unfallort oder die Benutzung eines Schutzhelmes möglich. Als Verunglückte zählen Personen (auch Mitfahrer), die beim Unfall getötet oder verletzt wurden, wobei Personen als getötet klassifiziert werden, welche innerhalb von 30 Tagen nach dem Unfall an den Unfallfolgen starben. Als schwer verletzt werden diejenigen Personen eingeteilt, welche unmittelbar zur stationären Behandlung (mindestens 24 Stunden) in einem Krankenhaus aufgenommen wurden. Alle übrigen Verletzten gelten als leicht verletzt. Für die Analysen wurden die Jahre 2000 bis 2002 herangezogen.

Entgegen dem allgemeinen Trend mit rückläufigen Zahlen getöteter Verkehrsteilnehmer in Deutschland ist die Zahl der getöteten MZW-Aufsassen in den letzten Jahren nahezu konstant geblieben. Aus einem Vergleich der Getötetenzahlen unterschiedlicher Straßenbenutzer untereinander ist somit ein steigender Trend für motorisierte Zweiradbenutzer abzuleiten. So ist beispielsweise der Anteil getöteter Fußgänger in den Jahren 1980 bis 2003 kontinuierlich zurückgegangen, wo hingegen der Anteil getöteter MZW-Aufsassen von 11,1 % (1992) auf 16,6 % (2003) angestiegen ist. (Abbildung 1).

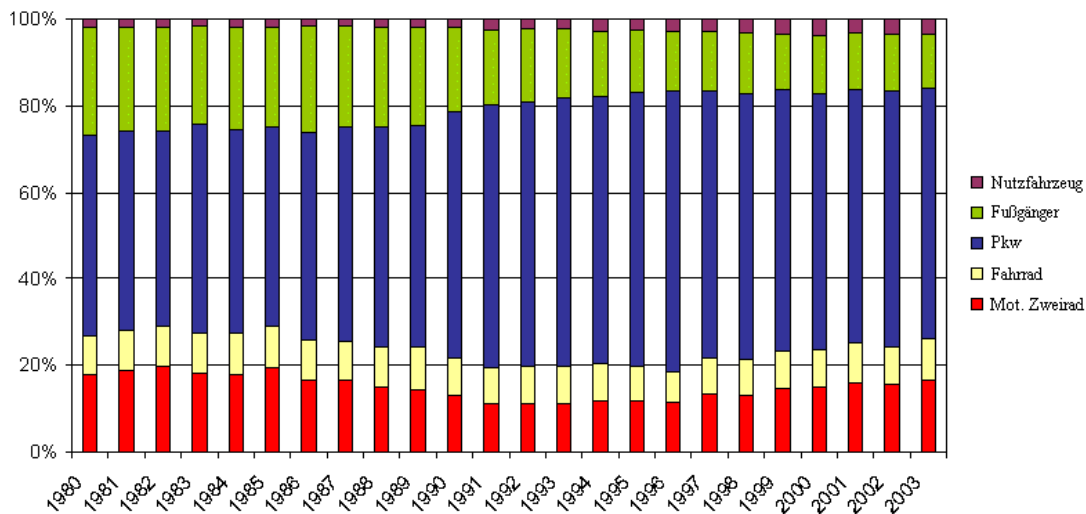


Abbildung 1: Vergleich getöteter Straßenverkehrsteilnehmer untereinander für die Jahre 1980 – 2003, Deutschland

Im Jahr 2002 waren in Deutschland rund 54 Millionen Fahrzeuge zugelassen. Der Anteil von motorisierten Zweirädern betrug 9 %, wobei die Zahl der zugelassenen Fahrzeuge in dieser Kategorie in den letzten Jahren mehr oder weniger konstant blieb. In Anbetracht aller in Deutschland registrierten Ver-

kehrsunfälle spielen Unfälle mit motorisierten Zweirädern eine wichtige Rolle, sind sie doch in 15 % aller Unfälle mit Getöteten und in 18 % aller Unfälle mit Schwerverletzten vertreten. In Bezug auf Altersklassen waren in den Jahren 2000 – 2002 die 18- bis 25- jährigen MZW-Fahrer die auffälligste Gruppe. Betrachtet man die Motorradfahrer alleine, so ist eine Verschiebung von der Altersklasse der 25- bis 35-Jährigen in die Altersklasse der 36- bis 45-Jährigen zu beobachten. Dies trifft sowohl für Innerorts- als auch für Außerortsunfälle zu, wobei der Hauptteil der verunfallten Motorradfahrer männlichen Geschlechts ist. Innerorts verunfallen mehr MZW-Benutzer als außerorts. Hier sind auch die meisten Leichtverletzten zu verzeichnen. Bei den Mofa/Moped-Aufsassen ereignen sich nahezu 50 % der tödlichen Verkehrsunfälle innerhalb geschlossener Ortschaften. Bei den Motorradaufsassen liegt der Anteil der außerorts tödlich Verunfallten bei nahezu 80 %. Im jahreszeitlichen Verlauf ist die MZW-Unfalldichte im Zeitraum Frühling bis Herbst am höchsten, wobei die Straßenoberfläche in der Gesamtzahl der Unfälle meistens trocken ist. Nasse oder gar vereiste Straßenoberflächen sind nur beim Mofa/Moped-Unfallgeschehen von stärkerer Bedeutung. Dies hängt größtenteils von der Tatsache ab, dass viele Mofa/Moped-Aufsassen ihr Fahrzeug auf dem täglichen Weg zur Arbeitstätte benutzen. Die meisten MZW-Unfälle ereignen sich bei Tageslicht. Ein Zusammenhang zwischen Lichtverhältnissen und Verletzungsschweren ist nicht erkennbar. Mit über 70 % ist der Pkw innerhalb geschlossener Ortschaften das gegnerische Fahrzeug. Außerhalb geschlossener Ortschaften beträgt der Pkw-Anteil am MZW-Unfallgeschehen 45 %. Mehr als 41 % aller Unfälle mit Personenschaden unter Beteiligung von motorisierten Zweirädern sind Alleinunfälle außerhalb geschlossener Ortschaften (Abbildung 2). Aufgrund fehlender Daten ist für Deutschland leider keine Aussage bezüglich des Straßenverlaufs möglich. Eine Unfallszenariendefinition ist somit nur bedingt realisierbar.

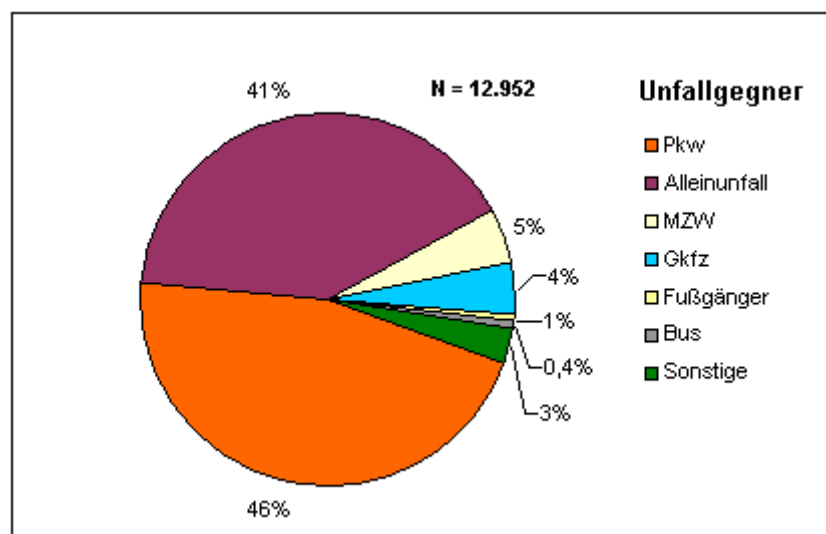


Abbildung 2: Beteiligte MZW an Verkehrsunfällen mit Personenschaden außerhalb geschlossener Ortschaften, Stat. Bundesamt 2002

Italien

Die italienische Verkehrsunfallstatistik der Jahre 1999 bis 2001 wurde zur Analyse herangezogen. Herausgeber dieser Statistik ist das Italienische Institut für Statistik (ISTAD). Unfälle mit mindestens einer verletzten Person werden in Italien amtlich registriert, wobei eine Unterscheidung zwischen leicht und schwer verletzt nicht möglich ist. Ebenso wenig können Angaben zur Helmbenutzung gemacht werden.

Die Zahl der in Italien zugelassenen motorisierten Zweiräder ist in den letzten Jahren stetig angestiegen. Die Zahl der Mofas/Mopeds blieb jedoch nahezu konstant. Die Zahl der in den Verkehr gebrachten Motorräder ist von 2.967.906 im Jahr 1999 auf 3.729.890 im Jahr 2001 deutlich angestiegen. Die Fahrzeuggruppe der MZW ist mit 21 %, bezogen auf alle im Verkehr befindlichen Fahrzeuge, vertreten. In 35 % (82.451) aller Verkehrsunfälle (235.409) in Italien war ein MZW involviert. Bei Inner- und Außerortsunfällen mit tödlichem Ausgang ist die Altersklasse der 26- bis 35-jährigen Fahrer die am häufigsten vertretene. Bei Unfällen mit Personenschaden innerhalb geschlossener Ortschaften ist die Gruppe der 18- bis 25 Jährigen am auffälligsten. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass in Italien 19 % aller verunfallten MZW-Fahrer weiblichen Geschlechts sind. Ebenso auffallend ist, dass der Großteil der tödlichen MZW-Unfälle innerhalb geschlossener Ortschaften zu verzeichnen ist [2]. Die meisten MZW-Benutzer verunfallen zwischen 18 Uhr und 20 Uhr. Insbesondere in den Sommermonaten ist ein Anstieg der motorisierten Zweiradunfälle zu beobachten. Erwartungsgemäß ist auch hier der Pkw der häufigste Unfallgegner. Dies gilt sowohl für Innerorts- als auch für Außerortsunfälle. Was den Straßenverlauf betrifft, so ereignen sich MZW-Unfälle größtenteils auf gerader Straße, in einer Kurve oder an einem Knotenpunkt. Bei Unfällen, in denen das MZW von der Fahrbahn abkommt, ist in vielen Fällen ein Bordsteinanprall zu registrieren. Dies gilt für Unfälle auf gerader Straße oder Kreuzungen. Außerhalb geschlossener Ortschaften erfolgt bei Unfällen im Kurvenverlauf oftmals ein Anprall an passive Straßenschutzeinrichtungen.

Die Niederlande

In den Niederlanden wird die amtliche Verkehrsunfallstatistik von der AVV (Adviesdienst Verkeer en Vervoer), welche zum Ministerium für Transport gehört, herausgegeben. Datenquelle ist auch hier der polizeiliche Unfallbericht. Je nach Unfallschwere fällt der Polizeibericht mehr oder weniger umfangreich aus. Je schwerer der Unfall, desto detaillierter ist er. Als getötet wird ein Unfallbeteiligter klassifiziert, wenn er an der Unfallstelle oder innerhalb von 30 Tagen an den Folgen des Unfalls verstirbt. Als schwer verletzt gelten Unfallbeteiligte, welche stationär in ein Krankenhaus eingeliefert werden.

Die holländische Straßenverkehrsunfallstatistik weist für das Jahr 2002 eine Gesamtzahl von 8.676.393 zugelassenen Fahrzeugen aus, worin 986.922 (11,2 %) motorisierte Zweiräder enthalten sind. Mofas und Mopeds sind hier rund vier Mal häufiger als Motorräder. In nur rund 4 % aller Unfälle war im Jahr 2002 ein MZW involviert, wobei diese allerdings für mehr als 17 % aller Getöteten und fast 26 % aller Schwerverletzten verantwortlich waren. In den letzten Jahren ist ein kontinuierlicher Rückgang der Unfälle mit Beteiligung eines motorisierten Zweirads zu beobachten. Die 16- bis 18-jährigen Mofa- und Mopedfahrer sowie die 25- bis 35-jährigen Motorradfahrer sind die am häufigsten vertretenen Altersklassen. Dies gilt sowohl für Innerorts- als auch für Außerortsunfälle, wobei auch hier der Hauptteil der Fahrer männlich ist. Die meisten Mofa/Mopedunfälle ereignen sich innerhalb geschlossener Ortschaften auf trockenen Straßen. Für das Motorradunfallgeschehen lassen sich keine eindeutigen Aussagen zur Ortslage treffen. Der Außerortsunfall scheint jedoch auch in den Niederlanden mit schwerer wiegenden Folgen einherzugehen. Die meisten MZW-Unfälle ereignen sich zur Hauptverkehrszeit zwischen 15 und 20 Uhr. Zur morgendlichen Hauptverkehrszeit ist ungewöhnlicherweise keine MZW-Unfallhäufung festzustellen. Im Früh- und Spätsommer sind vermehrt motorisierte Zweiradunfälle zu beobachten. Außerhalb geschlossener Ortschaften passieren die meisten MZW-Unfälle auf Straßen mit geradem Verlauf, innerhalb geschlossener Ortschaften zumeist in Kreuzungsbereichen, wobei auch hier der Pkw häufigster Unfallgegner ist. Alleinunfälle spielen beim Motorradunfallgeschehen auf kurvigen Straßen außerhalb geschlossener Ortschaften eine besondere Rolle. In 25 % dieser Alleinunfälle mit Abkommen von der Fahrbahn ist ein Anprall an Bäumen oder Straßenmasten zu verbuchen.

Spanien

Verantwortlich für die Erstellung der Verkehrsunfallstatistik in Spanien ist das DGT (Dirección General de Tráfico), welches dem Innenministerium unterstellt ist. Die Statistik deckt das komplette Unfallgeschehen, bei dem mindestens eine Person verletzt wurde, ab. Datenlieferant ist auch hier die Polizei, welche am Unfallort einen Statistikbogen ausfüllt. Allerdings fehlen in diesem Formblatt entscheidende Parameter. So ist beispielsweise keine Aussage darüber möglich, welches Fahrzeug das Stoßende und welches das Gestoßene ist. Verletzungsschweren lassen sich in vier Klassen einteilen: getötet, schwer verletzt, leicht verletzt und unverletzt. Diese Informationen werden direkt an der Unfallstelle von der Polizei aufgenommen. Eine Nachmeldung von Daten erfolgt nur innerhalb von 24 Stunden und nicht innerhalb von 30 Tagen. Aus diesem Grund werden von der DGT regelmäßig Korrekturfaktoren berechnet und publiziert.

Im Jahr 2002 waren in Spanien 3.561.450 motorisierte Zweiräder registriert, was einem Anteil von 13 % aller Fahrzeuge entspricht. Die Zahl der zugelassenen Mofas und Mopeds ist in den letzten Jahren

stetig gefallen, wohingegen die Zahl der Motorräder anstieg. In 32 % aller Verkehrsunfälle waren motorisierte Zweiräder verwickelt. In 22 % aller Unfälle waren Mofas und Mopeds involviert. Mehr als 14 % aller Verkehrstoten und nahezu 23 % aller Schwerverletzten in Spanien können Unfällen mit Beteiligung von MZW zugewiesen werden. Die Altersklasse der unter 35-jährigen MZW-Fahrer ist bei Unfällen mit Getöteten oder Schwerverletzten die am häufigsten vertretene, wobei Mofa- bzw. Mopedfahrer in der Regel deutlich jünger sind. Dies ist auch nicht weiter verwunderlich, da in Spanien bereits 14-Jährige Mofas und Mopeds fahren dürfen. Die Mehrzahl der verunfallten MZW-Benutzer ist auch in Spanien männlich. Innerortsunfälle sind häufiger vertreten als Außerortsunfälle. Dies trifft sowohl für Mofa/Moped als auch für Motorräder zu. Der Hauptteil der Unfälle passiert tagsüber in den Sommermonaten auf trockenen Straßen. Ein häufiges Unfallszenarium spielt sich in Kreuzungsbereichen innerhalb geschlossener Ortschaften unter Beteiligung eines Pkw ab. Unfälle, bei denen das MZW mit oder ohne Objektenprall von der Fahrbahn abkommt, sind ebenso von Bedeutung. Außerhalb geschlossener Ortschaften sind Unfälle auf gerader Straße, an Knotenpunkten oder in Kurven von besonderem Interesse.

Unfallszenarien

Aus der Analyse der vier nationalen Statistiken konnten Gemeinsamkeiten im Unfallgeschehen motorisierter Zweiräder herausgearbeitet werden. Kleinere Differenzen, wie abweichende Erhebungszeiträume oder unterschiedliche Fahrzeugklassifikationen in den verschiedenen Ländern, spielen bei der Definition von Unfallszenarien nur eine untergeordnete Rolle. Zur Festlegung der Hauptunfallszenarien wird zwischen innerorts- und Außerortsunfällen unterschieden. Ebenso erfolgt eine Differenzierung zwischen den Fahrzeugklassen Mofa/Moped und Motorrad. Die abschließend bestimmten sieben Hauptunfallszenarien sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Hauptunfallszenarien motorisierter Zweiräder; D – IT – NL – ES

Innerorts	Außerorts
Mofa/Moped gegen Pkw im Kreuzungsbereich	Motorrad gegen Pkw im Kreuzungsbereich
Mofa/Moped gegen Pkw auf gerader Straße	Motorrad gegen Pkw auf gerader Straße
Motorrad gegen Pkw im Kreuzungsbereich	Motorrad-Alleinunfall
Motorrad gegen Pkw auf gerader Straße	

Werden diese festgelegten Hauptunfallszenarien einer Gewichtung unterzogen, wobei Unfallhäufigkeit und Unfallschwere als Gewichtungsfaktoren fungieren, kann abschließend folgende Reihenfolge aufgestellt werden (top-down-Gewichtung):

- Innerorts – Mofa/Moped – Pkw – Kreuzung
- Innerorts – Mofa/Moped – Pkw – Gerade
- Innerorts – Motorrad – Pkw – Kreuzung
- Innerorts – Motorrad – Pkw – Gerade
- Außerorts – Motorrad – Alleinunfall
- Außerorts – Motorrad – Pkw – Gerade
- Außerorts – Motorrad – Pkw – Kreuzung

Die aus der Analyse der nationalen Statistiken gewonnen Erkenntnisse sollten in einem weiteren Schritt vertieft werden. Hierzu wurden vier in-depths Datenbanken herangezogen, welche innerhalb des Partnerverbands zur Verfügung standen. Detaillierte Aussagen bezüglich der Fahrzeug- und Auf-sassenkinematik beim MZW-Unfall sowie zu den Unfallursachen, Verletzungsmustern und Anprall-konstellationen konnten somit getroffen werden.

In-Depth-Datenbankanalyse

Innerhalb des Partnerverbundes sind vier in-depth Datenbanken zur Analyse herangezogen worden. Aus Deutschland sind die DEKRA Motorrad-Unfalldatenbank und die Datensätze des Jahres 2002 der GIDAS Datenbank verfügbar (DEKRA), des Weiteren die COST 327 Datenbank (LMU) sowie die niederländischen Daten der MAIDS Datenbank (TNO). Erwartungsgemäß sind die in den jeweiligen Datenbanken vorhandenen Informationen nicht ohne weiteres miteinander vergleichbar. Unterschiedliche Strukturen, Klassifizierungen, Schwerpunkte und Erhebungsmethoden mussten zunächst erfasst und beschrieben werden [3].

MZW – Pkw Unfälle

Die beiden Fahrzeugklassen Mofa/Moped und Motorrad sollten anfänglich separat betrachtet werden. Nach einem ersten Überblick über die Verteilung der gewählten Unfallszenarien in den verschiedenen in-depth Datenbanken wurde ersichtlich, dass eine gesonderte Analyse in zu wenigen Fällen resultieren würde (Tabelle 2).

Tabelle 2: Verteilung der Unfallszenarien in den 4 Datenbanken

	NL-MAIDS n = 85	DEKRA n = 157	GIDAS n = 128	COST 327 n = 76
Innerorts – Mofa/Moped – Pkw – Kreuzung	49 %	5 %	12 %	4 %
Innerorts – Mofa/Moped – Pkw – Gerade	12 %	1 %	3 %	1 %
Innerorts – Motorrad – Pkw – Kreuzung	21 %	29 %	55 %	42 %
Innerorts – Motorrad – Pkw – Gerade	11 %	11 %	21 %	22 %
Außerorts – Motorrad – Pkw – Kreuzung	4 %	38 %	3 %	13 %
Außerorts – Motorrad – Pkw – Gerade	4 %	16 %	6 %	17 %

In den in-depth Datenbanken sind große Unterschiede in der Verteilung der Unfallszenarien feststellbar. Dies ist vornehmlich in den unterschiedlichen Erhebungsmethoden begründet. Eine hohe Übereinstimmung ist einzig beim Szenarium „Innerorts – Motorrad – Pkw – Kreuzung“ gegeben. Zur Klärung der Frage, ob der MZW-Fahrer vor dem Anprall mit dem Pkw ausreichend Zeit hatte, um zu reagieren oder eine Bremsung einzuleiten, wurde die Ausgangsgeschwindigkeit sowie die Kollisionsgeschwindigkeit in 25-km/h-Schritte unterteilt. (Abbildung 3 - Abbildung 5). Somit sind Aussagen bezüglich einer Unfallvermeidung bedingt möglich. Die Ausgangsgeschwindigkeit liegt zumeist im gleichen Geschwindigkeitsband wie die Kollisionsgeschwindigkeit. Dies bedeutet nicht, dass vor der Kollision mit dem Pkw keine Bremsung durchgeführt wurde. Eine eventuelle Bremsung führte jedoch nicht zu einem merklichen Geschwindigkeitsabbau. Die auffallend hohen Geschwindigkeiten in der DEKRA Datenbank resultieren aus der Tatsache, dass hauptsächlich bei schweren Unfällen die Bestellung eines Sachverständigen zur Klärung des Unfallablaufs erfolgt. Diese Unfälle ereignen sich zumeist außerhalb geschlossener Ortschaften in höheren Geschwindigkeitsbereichen.

Brems- und Ausweichmanöver sind in allen Datenbanken nachweisbar. In nahezu 94 % der Fälle waren diese jedoch nicht erfolgreich. Dies liegt zum einen an den oftmals kurzen Zeitspannen zwischen Bremsung und Kollision, zum anderen an nicht ausreichend hohen Verzögerungswerten aufgrund fehlender Praxis, schlechter Fahrbahnbeschaffenheit oder eines nachweisbaren Reaktionsverzugs. Hauptursache vieler MZW – Pkw Unfälle ist ein Übersehen des gegnerischen Fahrzeugs. Oftmals wird das motorisierte Zweirad vom Pkw-Lenker zu spät oder gar nicht wahrgenommen.

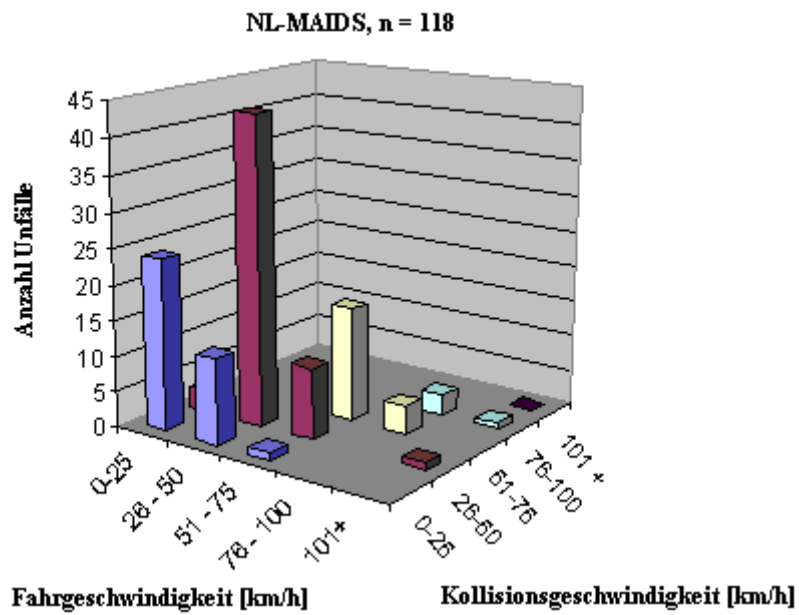


Abbildung 3: Ausgangs- und Kollisionsgeschwindigkeit des MZW, NL-MAIDS

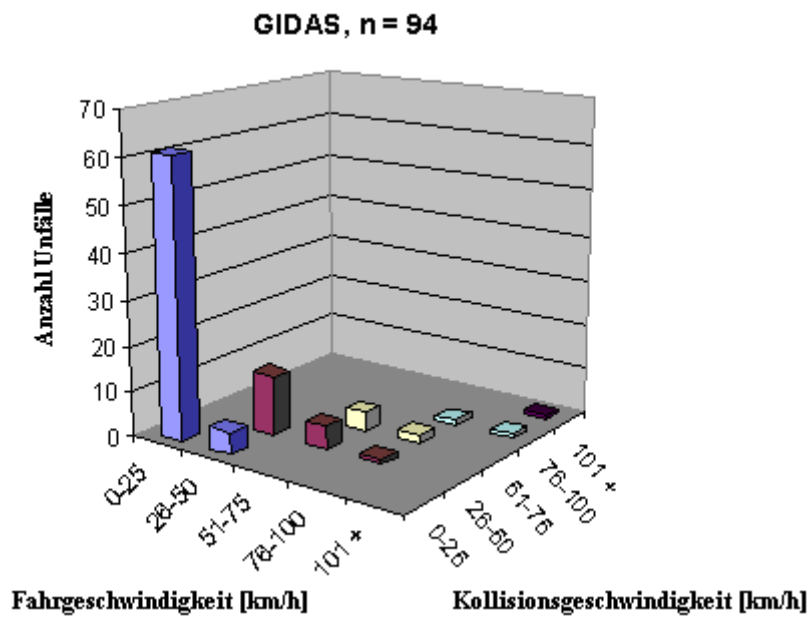


Abbildung 4: Ausgangs- und Kollisionsgeschwindigkeit des MZW, GIDAS 2002

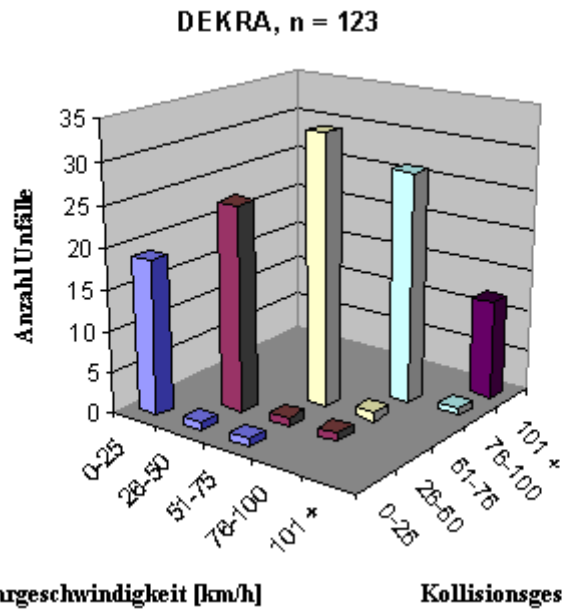


Abbildung 5: Ausgangs- und Kollisionsgeschwindigkeit des MZW, DEKRA

Bei Unfällen, bei denen das Motorrad in aufrechter Lage mit dem Pkw kollidiert, kann die Anprallkonstellation gemäß ISO 13232 kodiert werden [4]. Dieser 3-stellige Code beschreibt die Lage des Anpralls am Pkw, die Lage des Anpralls am Motorrad sowie den relativen Winkel der beiden Fahrzeuglängsachsen zueinander im Moment des ersten Kontakts. In 55 % der analysierten Fälle erfolgte ein aufrechter Anprall des Motorrads am Pkw ohne Separation des Aufsassens vom Krad. Aus der DEKRA Datenbank konnten die ISO-Anprallkonstellationen direkt herausgelesen werden. In der NL-MAIDS Datenbank ist diese Variable nicht vorhanden, so dass eine indirekte Bestimmung anhand der primären Anstoßpunkte der Fahrzeuge sowie des Anprallwinkels erfolgen musste. Die Verteilung der ISO-Anprallkonstellationen ist in beiden Datenbanken sehr unterschiedlich und zeigt keinen eindeutigen Trend. Es ist jedoch festzustellen, dass MZW – Pkw Frontalkollisionen sowie MZW – Pkw Seitenkollisionen vermehrt auftreten (Abbildung 6).

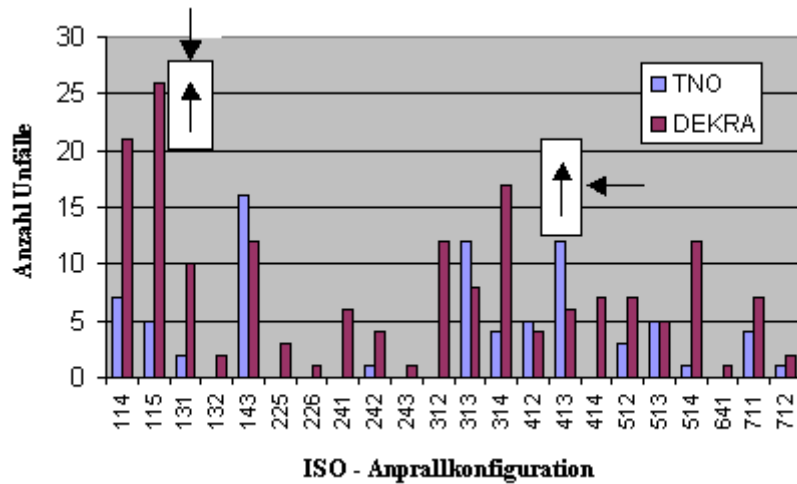


Abbildung 6: ISO-Anprallkonstellationen, DEKRA und NL-MAIDS (TNO)

Die im MZW – Pkw Unfallgeschehen auftretenden Verletzungen der Aufsassen wurden anhand der GIDAS 2002 und der COST 327 Datenbank herausgearbeitet. Die am häufigsten betroffenen Körperregionen sind die unteren Extremitäten, gefolgt von Kopfverletzungen, den oberen Extremitäten sowie der Thoraxregion. Es ist festzuhalten, dass die COST 327 Datenbank aufgrund ihrer Inklusionskriterien zwangsläufig einen höheren Anteil an Kopf- und Nackenverletzungen aufweist. Der Anteil der Verletzungen der unteren Extremitäten ist in der GIDAS Datenbank sehr hoch. Der primäre Anprall erfolgte in den meisten Fällen am Pkw, gefolgt von Primäranprallen auf der Straßenoberfläche. Verletzungen, welche auf den Kontakt mit dem eigenen MZW zurückzuführen sind, waren ebenso vertreten wie Primäranpralle an sonstigen Objekten (Abbildung 7 und Abbildung 8).

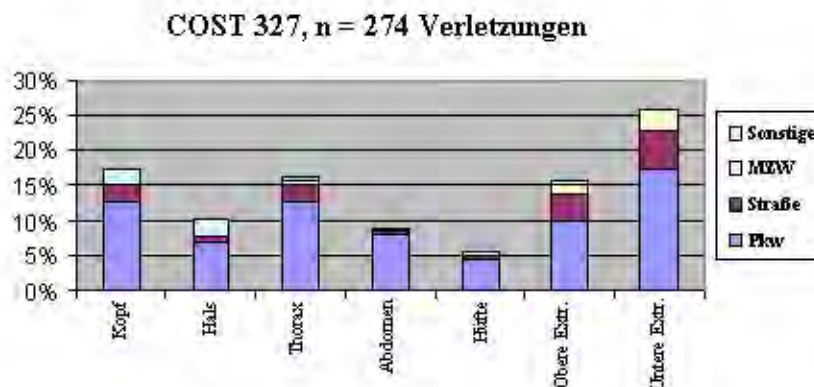


Abbildung 7: Verletzte Körperregionen beim Primäranprall, COST 327

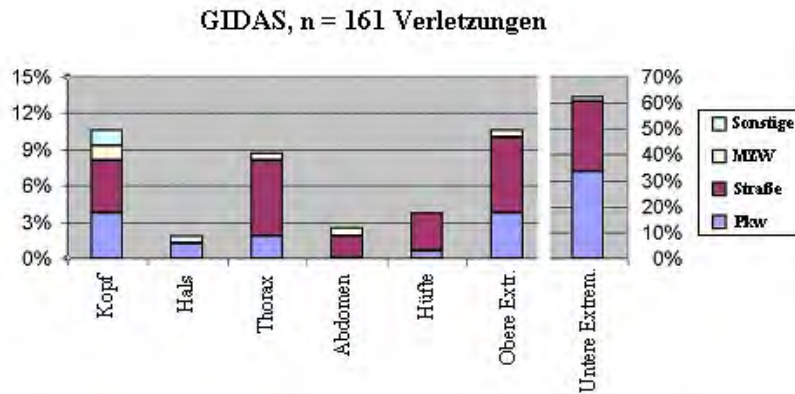


Abbildung 8: Verletzte Körperregionen beim Primärprall, GIDAS 2002

Die maximalen Verletzungsschweren (MAIS) der einzelnen Körperregionen in der GIDAS 2002 Datenbank sind in Abbildung 9 dargestellt. Thoraxverletzungen sind hier in der Regel nicht so schwerwiegend wie in den anderen Datenbanken. Gleiches gilt für Kopfverletzungen, welche sich im Vergleich zu den COST 327 Fällen eher im unkritischen Bereich befinden. Dies liegt hauptsächlich daran, dass die Datensätze der GIDAS Datenbank in Bezug auf die Bundesstatistik als repräsentativ anzusehen sind. Die meisten Unfälle (68 %) ereignen sich somit innerhalb geschlossener Ortschaften in einem relativ niedrigen Geschwindigkeitsbereich. Zudem ist der Anteil der leichtverletzten MZW-Aufsassen mit rund 67 % sehr hoch.

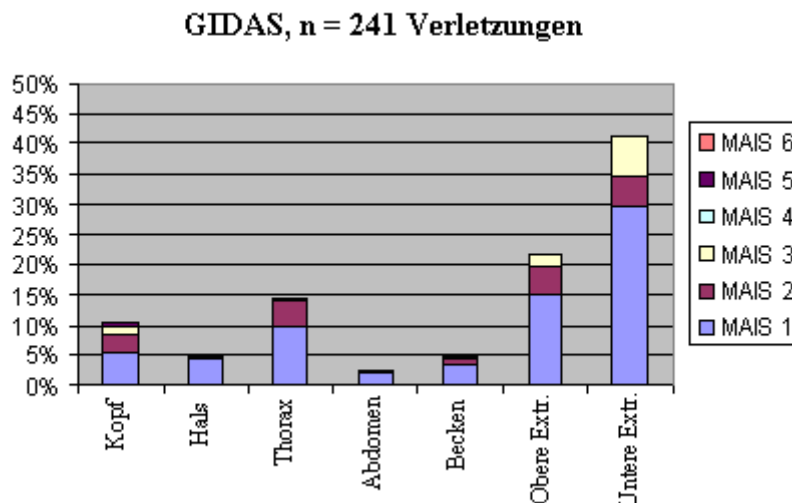


Abbildung 9: Maximale AIS-Werte der einzelnen Körperregionen, GIDAS 2002

Als Unfallendlage wird diejenige ortsbezogene Position P_E bezeichnet, die der MZW-Aufsasse nach Abbau sämtlicher kinetischer Energie einnimmt. Die Kollisionsstelle wird im Folgenden mit P_K bezeichnet. In einigen Fällen befindet sich die Unfallendlage an gleicher Stelle wie die Kollision. Indes kann die Distanz zwischen Kollisionsstelle und Unfallendlage auch recht groß sein [5]. Die Distanz zwischen P_K und P_E kann vom Aufsassen verschiedenartig zurückgelegt werden. Dies ist auch unterschiedlich in den einzelnen Datenbanken kodiert. Die Datensätze der NL-MAIDS Datenbank weisen eine hohe Anzahl von Überwürfen auf.

Ebenso häufig sind rutschende oder überschlagsartige Bewegungsabläufe zwischen P_K und P_E anzutreffen, wohingegen die Daten der DEKRA und COST327 Datenbank nur sehr vereinzelt Überwürfe und somit Flugphasen aufzeigen. Ein möglicher Zusammenhang zwischen der Distanz $P_K - P_E$ und der Verletzungsschwere der Aufsassen wurde in einem weiteren Schritt untersucht. Es konnte festgestellt werden, dass der Primäranprall mit dem Pkw mit geringen $P_K - P_E$ Distanzen unter anderem zu relativ schweren Kopf- Thorax und Abdomenverletzungen führt, wohingegen große $P_K - P_E$ Distanzen überwiegend in leichteren Verletzungen der oberen und unteren Extremitäten resultieren.

MZW-Unfälle mit Anprallen an Infrastruktureinrichtungen

Zunächst sollten nur Unfälle analysiert werden, welche dem zuvor definierten Alleinunfallszenario zuzuordnen sind. Ein erster Überblick zeigte jedoch, dass dies zu extrem kleinen Fallzahlen führen würde. Aus diesem Grund wurden sämtliche Unfälle mit Anprallen an Hindernissen oder Infrastruktureinrichtungen inkludiert. Vorab wurde eine Übersicht über die in den jeweiligen Datenbanken enthaltenen Fälle erstellt. Ferner wurden relevante Infrastruktureinrichtungen kategorisiert [6]. Als diejenigen Hindernisse auf und neben der Fahrbahn, welche in den meisten schweren Unfällen anzutreffen waren, sind Bäume, Masten und passive Schutzeinrichtungen zu nennen. Die Straßenoberfläche an sich, welche in vielen Unfällen als Objekt eines Primär- oder Sekundäranpralls vorkommt, wurde ebenfalls mit in die Analyse eingeschlossen. Die Anprallgeschwindigkeit an passiven Schutzeinrichtungen liegt im Vergleich zu den übrigen Unfällen relativ hoch. Anpralle an Bäumen oder Masten erfolgen zumeist im Geschwindigkeitsbereich von 30 – 40 km/h (TNO und GIDAS) oder 50 – 60 km/h (COST 327 und DEKRA, Abbildung 10), wobei der Anteil von Unfällen mit schwer verletzten oder getöteten MZW-Aufsassen in den beiden letztgenannten Datenbanken auch höher ist.

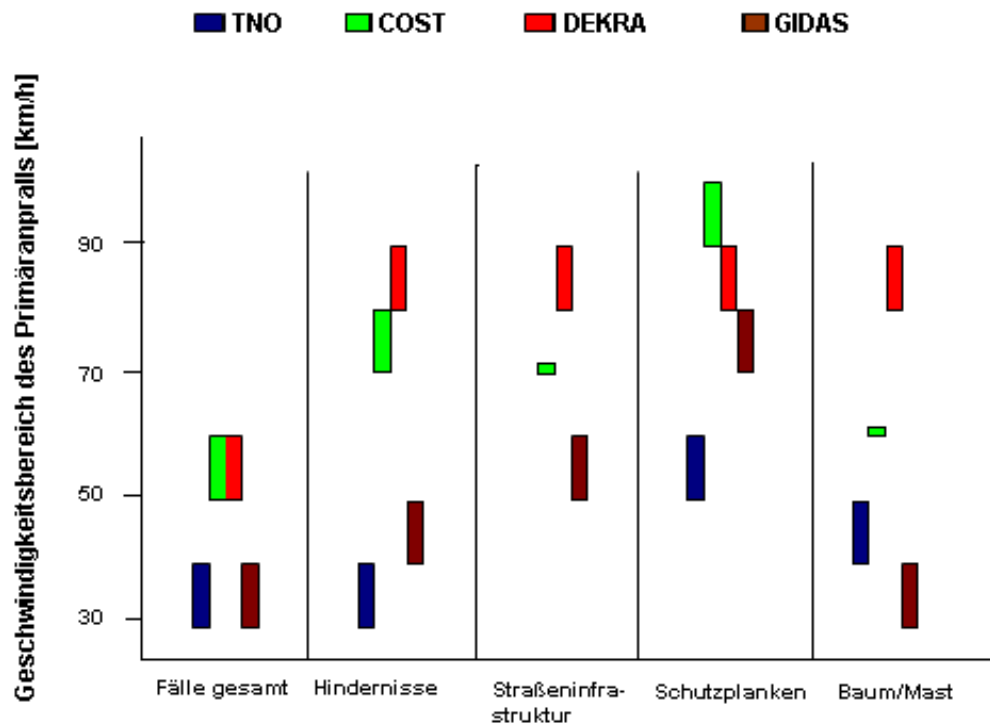


Abbildung 10: Mittelwerte der Kollisionsgeschwindigkeiten in den jeweiligen Datenbanken

Der Winkel, unter dem der Aufsasse die Fahrbahn verlässt, ist in allen Datenbanken relativ klein ($< 45^\circ$). Die Orientierung der Langssachse des Körpers findet sich nahezu parallel zum Straenverlauf ($< 30^\circ$). Ebenso verhält es sich mit den Anprallwinkeln an passiven Schutzeinrichtungen. Hier sind Anprallwinkel unter 45° (häufig unter 15°) zu verzeichnen. In den meisten analysierten Fällen erfolgt ein aufrechter Anprall des Aufsassen an Straeninfrastruktureinrichtungen. In wenigen Fällen ist ein rutschender Anprall zu verzeichnen, wobei hier immer eine Separation zwischen Aufsasse und Fahrzeug stattfand. Bei Anprallen an Metallschutzplanken wird der Holm häufiger getroffen als der Schutzplankenpfosten. In Bezug auf die Verletzungsschwere der MZW-Aufsassen kann ausgesagt werden, dass diese bei Anprallen an Schutzplanken höher ist als bei anderen Straeninfrastruktureinrichtungen. Dies ist zum Teil auch in den höheren Kollisionsgeschwindigkeiten begründet. Daraus folgend können Anpralle an Bäume oder Masten als ebenso gefährlich betrachtet werden. Verletzungen des Kopfes, des Thorax sowie der unteren Extremitäten sind die im Allgemeinen am häufigsten anzutreffenden.

Aufsassenschutzbekleidung

Zunächst wurde ein Überblick der vorhandenen Fälle in den jeweiligen Datenbanken mittels einfach definierter Abfragen erstellt [7]. Anschließend wurden die bei den Unfällen auftretenden Verletzungen

der motorisierten Zweiradaufsassen untersucht. Hierbei wurde zwischen den unterschiedlichen Körperregionen differenziert. Die Häufigkeit, Schwere und Art der Verletzung wurde analysiert. Des Weiteren sollten Aussagen dahingehend getroffen werden, inwieweit Aufsassenschutzkleidung zur Reduzierung der Verletzungsschwere beitragen konnte. Zunächst wurden deshalb Unfälle mit verletzten und unverletzten MZW-Aufsassen miteinander verglichen. Zusätzlich erfolgte eine Analyse der Verletzungsschwere der einzelnen Körperregionen in Bezug auf das Tragen von Schutzkleidung. Hier sollen im weiteren Projektverlauf Vorschläge und Maßnahmen zur Verbesserung von Aufsassenschutzkleidung erarbeitet werden. Die Kollisionsgeschwindigkeit wurde zunächst in drei Geschwindigkeitsbereiche unterteilt (0 – 35 km/h, 36 – 70 km/h und >70 km/h) und mögliche Kombinationen von Schutzkleidung wurden aufgestellt. Somit konnten drei Schutzlevel definiert werden (Tabelle 3).

Tabelle 3: Definition der Schutzlevel anhand getragener Kleidungskombinationen

Schutzlevel	Kleidung	Schutzlevel	Kleidung
0	Ungeschützt	1	Helm
	Jacke		Helm+Stiefel
	Hose		Helm+Handschuhe
	Jacke+Hose		Helm+Hose
	Jacke+Hose+Stiefel		
2	Helm+Handschuhe+Stiefel	3	Vollständig geschützt
	Helm+Jacke+Stiefel		Helm+Jacke+Hose
	Helm+Jacke+Handschuhe		Helm+Jacke+Hose+Stiefel
	Helm+Jacke+Handschuhe+Stiefel		Helm+Jacke+Hose+Handschuhe

Erwartungsgemäß war der Helm das am häufigsten anzutreffende Schutzkleidungselement. 66 % der Fälle aus den vier in-depth Datenbanken konnten dem Schutzlevel 1 zugeordnet werden. In 18 % der Fälle war dies Schutzlevel 3. Hinsichtlich der Hosen, Jacken und Stiefel wurden nur solche als Schutzkleidung betrachtet, welche aus Leder oder speziellem synthetischem Material (Kevlar[®], Kunstleder etc.) gefertigt waren. Für Kollisionsgeschwindigkeiten bis 35 km/h konnte festgestellt werden, dass nur der Kopf schwerwiegende (AIS 3+) Verletzungen aufwies. Mit zunehmender Kollisionsgeschwindigkeit erhöhte sich auch in den anderen Körperregionen die Verletzungsschwere. Insbesondere Verletzungen des Genicks und der Wirbelsäule lagen bereits bei Anprallgeschwindigkeiten zwischen 36 km/h und 70 km/h im kritischen Bereich. Die Verletzungen verursachenden Bauteile bzw. Objekte konnten anhand der NL-MAIDS und der GIDAS 2002 Datensätze identifiziert werden (Abbildung 11). In den meisten Fällen führt der Anprall auf der Straßenoberfläche zu Verletzungen.

Zu bemerken ist, dass Verletzungen der Hüftregion in vielen Fällen aus Anprallen mit dem eigenen MZW resultieren (Tank, Lenker).

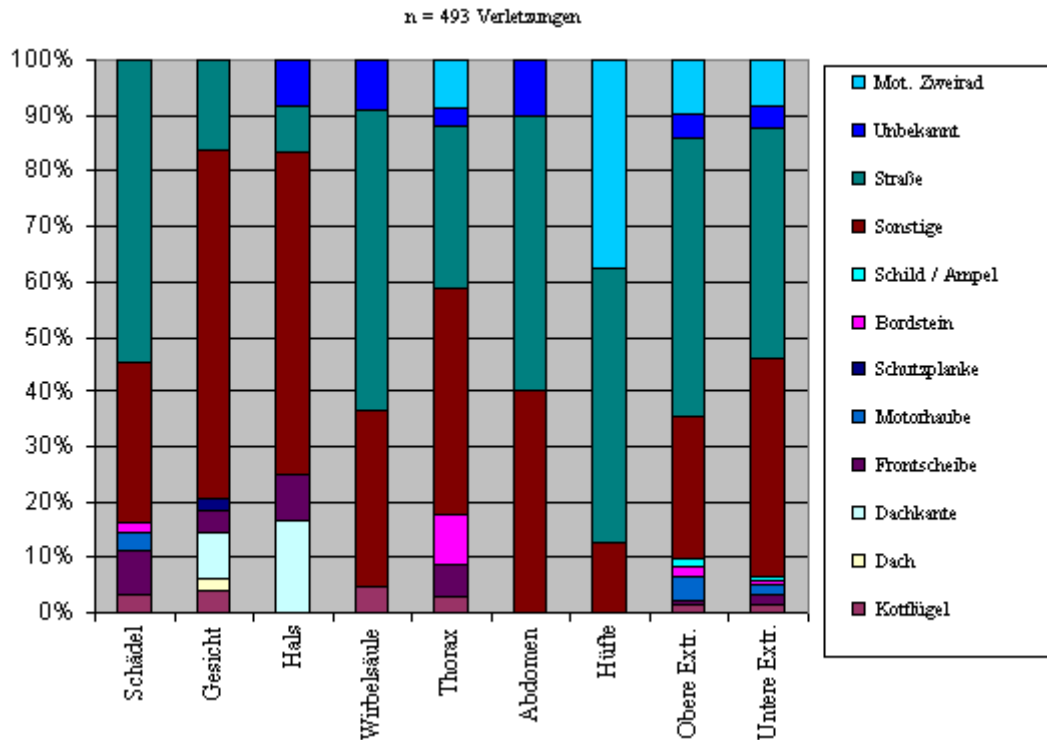


Abbildung 11: Verletzungsinduzierende Bauteile/Objekte und betroffene Körperregionen für Kollisionsgeschwindigkeiten von 36 km/h bis 70 km/h, NL-MAIDS und GIDAS 2002

Für die 3 Geschwindigkeitsbereiche wurden behelmte und unbehelmte MZW-Aufsassen miteinander verglichen. Es zeigte sich, dass bei behelmteten Aufsassen deutlich niedrigere Verletzungsschwere auftraten. Bei Kollisionsgeschwindigkeiten oberhalb 35 km/h nahm jedoch auch hier die Verletzungsschwere deutlich zu. In einer nicht unerheblichen Anzahl der Fälle konnte ein Helmverlust während oder nach der Primärkollision festgestellt werden. Verbesserungen in der Verschlussmechanik sowie der Passgenauigkeit könnten dies in vielen Fällen verhindern.

Die bei den Unfällen auftretenden Gesichtsverletzungen wurden anhand der NL-MAIDS sowie der GIDAS 2002 Datensätze analysiert. Die zu verzeichnenden Verletzungsschwere waren allesamt relativ niedrig. Diagnostiziert werden konnten größtenteils Abschürfungen, Prellungen und Rissquetschungen. Verletzungen der Halswirbelsäule traten vermehrt bei Kollisionsgeschwindigkeiten oberhalb von 35 km/h auf. Prellungen und Abschürfungen der Weichteile (AIS 1) sowie schwerwiegende Brüche (AIS3+) im skelettalen Bereich waren ebenso zu verzeichnen wie letale Abrisse und Zertrümme-

rungen. Verletzungen der oberen und unteren Extremitäten wurden für MZW-Aufsassen untersucht, welche mit und ohne Schutzkleidung verunfallten. Bei Anprallgeschwindigkeiten bis 35 km/h konnte die Wirksamkeit der Schutzkleidung nachgewiesen werden. Insbesondere die Anzahl und Schwere von Schürfungen und Schnittwunden wurde deutlich reduziert. Verletzungen der Wirbelsäule können ebenfalls in Schwere und Anzahl durch das Tragen von Schutzkleidung gemindert werden, wobei Brüche in Geschwindigkeitsbereichen oberhalb 70 km/h nur schwerlich zu verhindern sind.

Weitere Schritte

Im weiteren Projektverlauf sollen die in-depth Datenbankanalysen noch weiter vertieft werden. Der Hauptfokus liegt hier bei Unfällen motorisierter Zweiräder mit Anprallen an Infrastruktureinrichtungen. Ebenso soll die Wirksamkeit von Aufsassenschutzkleidung bei MZW-Unfällen genauer analysiert werden. Hierzu werden auch in der Vergangenheit bei DEKRA durchgeführte reale Crash Tests ausgewertet (Abbildung 12).



Abbildung 12: Rutschender Anprall an passiver Schutzeinrichtung, DEKRA

Zur Simulation auftretender Verletzungen werden relevante Parameter aus Realunfällen extrahiert. Dies sind unter anderem Kollisionsgeschwindigkeiten, Anprallwinkel, Wurf-/Rutschweiten sowie detaillierte Verletzungsbeschreibungen der Aufsassen. Anhand dieser soll in einem ersten Schritt die Unfallkinematik mittels MADYMO simuliert werden. Zur Simulation wurden MZW – Pkw Frontalunfälle (ISO Konstellation 115) sowie MZW – Pkw Seitenkollisionen (ISO Konstellation 413) gewählt. Anschließend werden die bei diesen Unfällen auftretenden Verletzungen mittels PAM Crash und RADIOSS nachgebildet. Abschließend sollen die Ergebnisse erneut mit realen Unfall- und Crashtaten

verglichen werden, um somit die Validität der Simulationen zu gewährleisten. Des Weiteren sollen im Projekt Vorschläge zum Test von Schutzplanken gemacht werden. In einigen europäischen Ländern ist bereits heute ein Prüfverfahren für „zweiradfreundliche“ Schutzplankensysteme vorhanden. Eine Adaption auf den gesamten europäischen Raum ist zu diskutieren. Auf dem Gebiet der Aufsassenschutzkleidung sollen insbesondere Maßnahmen zur Verbesserung von Schutzhelmen erarbeitet werden. Ferner sollen durch die detaillierte Analyse der Pre- und Postcrash-Phase Aktivierungsparameter für zusätzliche Sicherheitssysteme definiert werden.

Literaturverzeichnis

- (1) FP6 APROSYS SP4, Deliverable D4 - 1 - 1, Public Report, 2005.
- (2) Annual statistical report, the SafetyNet Consortium, February 2005.
- (3) FP6 APROSYS SP4, Deliverable D4 - 1 - 2, Public Report, 2006.
- (4) ISO 13232-2:1996 Motorcycles -- Test and analysis procedures for research evaluation of rider crash protective devices fitted to motorcycles -- Part 2: Definition of impact conditions in relation to accident data.
- (5) A. Spörner: Elemente eines Sicherheitsmotorrades. Motorradforum „Faszination und Sicherheit“ Querschnitt durch die aktuelle Motorrad-Sicherheitsforschung. Institut für Zweiradsicherheit e. V., Köln (1988).
- (6) FP6 APROSYS SP4, Deliverable D4 - 1 - 3, Public Report, 2006.
- (7) FP6 APROSYS SP4, Deliverable D4 - 1 - 3, Public Report, 2006.

**Analyse der Risiken motorisierter Zweiräder im Rahmen
des European Road Assessment Programme (EuroRAP)**

**Understanding PTW risk components within
an international road assessment programme**

**European Road Assessment Programme (EuroRAP): Comprendre
les éléments de risques pour les conducteurs des motos**

Dr. Joanne Hill
EuroRAP AISBL

Nich Brown
MCIA (GB)

Kurzfassung

Das European Road Assessment Programme (EuroRAP) untersucht Straßennetzwerke hinsichtlich ihrer Risiken. Dies ist ein erster Schritt, um die Risiken für die Straßennutzer zu reduzieren. Die durch diese Analyse gewonnenen Daten werden folgendermaßen weiterverarbeitet:

Auf Straßenkarten werden risikoreiche Abschnitte farblich hervorgehoben. Der Straßenverlauf und der Gegenverkehr (Verkehrsströme) werden dargestellt, ebenso der Grad der Sicherheit des Straßenabschnitts. Der Beitrag, den diese Analyse zur Reduzierung der Anzahl der Unfallopfer leisten kann, ist größer als bisher geglaubt wurde. Das gilt in besonderem Maße für Länder, in denen Verkehrsregeln, Verkehrsraumgestaltung und Infrastruktur am weitesten entwickelt sind.

Dieser Beitrag beschreibt die Wirkungsweise von EuroRAP bis zum heutigen Zeitpunkt und zeigt Möglichkeiten auf, motorisierte Zweiräder bei dieser Analyse künftig in verstärktem Maße zu berücksichtigen.

Abstract

The European Road Assessment Programme (EuroRAP) identifies risks inherent in primary road networks, as the first step in reducing the risk to road users from the highway itself.

Data is expressed as; colour-coded risk-rate maps, performance tracking of roads and counter-measures, rating of protection offered by roads. The potential contribution to casualty reduction available from the highway itself is greater than previously understood, especially in countries where traffic regulation and highway infrastructure are most highly developed.

This paper describes the operation of EuroRAP to date and considers options for future development of enhanced consideration of PTW crashes.

Résumé

Le programme 'European Road Assessment Programme' a comme but d'identifier les risques en circulation routière et de les prendre comme premier pas envers la réduction des risques pour les usagers de la route en prenant comme point de départ les routes eux-mêmes.

Les données sont présentées comme: des cartes géographiques indiquant les risques pour les usagers de la route en code de couleurs, les conditions des routes et les contre-mesures, le jugement de la protection offerte par l'équipement routière. On peut dire que la contribution potentielle à la réduction des victimes d'un accident du côté de l'équipement routière est plus grande qu'on a approuvé les années passées, en particulier dans les pays où le code de la route et l'infrastructure des routes express sont les plus développés.

**Understanding PTW risk components within
an international road assessment programme**

1. Introduction

In the last decade, half a million people have been killed on Europe's roads, prompting the European Union (EU) to target a 50% reduction in road deaths by 2010. Road safety policy is typically centered on the three 'E's: Education and training contributes to road safety by informing and improving road users; Enforcement targets those who behave negligently or with deliberate disregard for the safety of others; Engineering, technology and design improvements are applied to vehicles to help avoid or mitigate the impact of collisions and the same is true for highway engineering.

Development of these various established routes to casualty reduction has reached a point where it appears the greatest untapped potential for future gains lies in safer roads (more so than behavioural change or vehicle development) especially in countries where traffic law is generally respected. Yet road risk and the value of safer road design have been shown to be seriously underestimated by road-users¹.

EuroRAP, commenced in the year 2000 and was designed as a complementary activity to the European New Car Assessment Programme (EuroNCAP). By addressing the way vehicles and roads interact, EuroRAP helps prevent crashes, reduce the severity of those that do happen and raise public awareness of the risks associated with specific vehicles or routes.

EuroRAP is an international non-profit association registered in Belgium, a unique association through which the stakeholders in a safe road system – users, road authorities and vehicle manufacturers – develop and promote safer infrastructure in an integrated way. EuroRAP is being replicated in Australia (AusRAP) and the USA (usRAP). The international Road Assessment Programme (iRAP) has been created, in partnership with the World Bank, to help improve road infrastructure safety in low and middle income countries and to drive down the cost of road injuries - currently 2 % of global GDP².

EuroRAP aligns closely with the Swedish 'Vision Zero' and Dutch 'self-explaining road' models for reducing death and injury. It is based on roads and vehicles that have forgiving designs so that when a crash does happen, both road and vehicle work together to protect life. Although it is unlikely that absolute safety will ever be achieved, preventable deaths that happen time and time again on the same roads need not be tolerated.

Casualties among Powered Two-Wheeler (PTW) users follow different trends across the various EU member states. There are difficulties in comparing casualty and exposure data, but it appears that there are distinct groupings of countries with similar casualty rates but whose operating environments appear very different. Understanding the interaction between PTWs and different forms of highway

infrastructure is essential to devising effective PTW casualty reduction strategies. EuroRAP analysis in Britain has shown that not enough is being done to protect them.

2. Methodology

EuroRAP has developed three standard international test protocols providing an independent, consistent system for measuring the safety of Europe's roads. This allows for benchmarking of roads across Europe on a regular and routine basis, and for tracking how quickly effective improvements are being implemented. Together, this provides a reliable and robust way of comparing safety performance, providing results that are useful to the motoring public, policy makers, road providers and road operators alike.

2.1 Risk Rate Mapping

Based on specific accident and general traffic flow data, colour coded risk rate maps show the rate at which people are killed or seriously injured on different roads. EuroRAP maps give various insights into risk and can be used to support messages aimed at the differing needs and levels of expertise of the target audiences. The maps can be tailored to work with the differing conceptual frameworks defining 'safety' held by stakeholders, depending on their role in the safe road system.

2.1.1 Individual Risk

The public are most interested in their risk on the road as individuals. The simplest way to represent this is in terms of accident outcome in relation to exposure. Accident rates per vehicle kilometre traveled on any road can show the likelihood of a particular type of road-user being involved in an accident. The main purpose is to inform the road-user how and where their behaviour needs to be modified to minimise risk and, in doing so, both enable them to recognise sources of risk on different types of road and to understand and respect the reasons for traffic laws and speed limits.

2.1.2 Collective Risk

Aimed at road authorities, collective risk maps show the density, or total number, of accidents on a road over a given length, showing how much in total it is worth investing at one site compared to another to reduce risk. At the simplest level collective risk is expressed as the accident rate per kilome-

tre. However, more fatal and serious accidents occur on roads with higher traffic flows, and so rates expressed in this way are largely influenced by the number of vehicles using a particular road section.

An alternative insight into safety performance is provided by risk rates related to road group averages showing which road sections have higher or lower accident rates after the expected variability between road groups (typically based on traffic flow, i.e. motorways, <10,000 AADT, 10-20,000 AADT, >20,000 AADT) is taken into account. Benchmarking in this way involves highlighting those roads that should be targeted, exploring why they fall short of the average safety standards for their road type, and assessing whether it is appropriate to apply countermeasures known to be effective on roads with similar designs and usage characteristics.

Information provided in collective risk maps can also be used as the basis for investment decisions, providing authorities and policy-makers with a valuable tool for estimating the total number of accidents that could potentially be avoided if safety on a road were improved. Used with cost information, this can indicate locations where the largest return on investment can be expected.

2.2 Performance Tracking

Performance tracking identifies whether fewer collisions resulting in death or serious injury are occurring on a road over time and highlights the presence of known countermeasures. Accident data is analysed to identify road sections that have shown a reduction in the number of collisions over time and those where there has been little or no change. For the former, highways authorities are asked to report on remedial, enforcement or education measures that have been put in place. This allows attention to be drawn to the potential effects of interventions, without attempting in-depth comparative analysis of their effectiveness (eg; by comparing the effects of similar treatments in similar circumstances elsewhere).

Results from performance tracking have shown that the application of basic ‘hygiene’ measures, such as signing, lining and lighting, continues to pay the highest dividends in reducing death and serious injury. However, EuroRAP research also suggests that whilst some authorities are active in evaluating the benefits of their safety schemes, others do not seem aware that the often minor measures they have implemented may have saved a large number of lives.

2.3 Star Rating

Also known as the Road Protection Score (RPS), Star Rating is a standard road inspection for safety features showing how well a road protects road-users if a crash occurs. The aim of the assessment is to evaluate the safety that is built into the road through its design, combined with the way that traffic is managed on it. Roads are awarded 1 (low) - 4 (high) stars depending on their level of safety.

Data on the standard of a road's safety features is collected by drive through inspections in specially equipped vehicles. Trained inspectors assess and score a road's safety based on a schedule of detailed road design elements that correspond to each of the four main crash types that kill and maim on Europe's roads (head-ons, run-offs, collisions at junctions, collisions involving pedestrians and cyclists) either in real time as the road is driven or from video images captured along the route. EuroRAP's Star Rating differs from normal road safety audits in that the aim is to assess the general standard of the route rather than identifying individual blackspots.

EuroRAP Technical Reports offer more detailed information on the criteria and methodology used in each of the original protocols^{4,5,6}.

3. Motorcycles

Since 2004, the annual British EuroRAP results^{7, 8, 9} have included road-specific information on fatal and serious accidents involving motorcyclists, identifying higher risk roads with above average involvement of motorcycles. National results from Spain now also include this analysis and other national results are likely to include this data in future years.

EuroRAP research found that for many of the worst performing roads in Britain the police identified major issues concerning motorcycles racing at excessive speeds.

This type of enforcement problem is being addressed with intelligence-led policing, high-profile presence at hot-spots and even aerial surveillance with helicopters and fixed-wing plane patrols. There are limits to the behaviour that engineers can design for, but EuroRAP has also identified that stopping wilfully dangerous behaviour on a few public roads will not stop the majority of casualties among motorcyclists.

Awareness campaigns can address the fact that most motorcycle crashes involve other road users, who have been shown to be the precipitating party in the majority of such collisions and safer riding schemes can help riders extend their safety skills to avoid collision. However, the crux of the matter is

that road design is generally not sufficiently forgiving to PTW users. Motorcyclist's safety needs proactive attention and, whilst motorist's must 'think bike', so too must road engineers.

The practical significance of identifying routes where motorcyclists appear to face disproportionately high risk lies in the fact that solutions to motorcycle accidents may not be the same as those for other accidents. When higher risk roads in Britain were broken down by road-user involvement, the majority were found to have a high proportion of fatal and serious accidents involving motorcyclists – as high as 96 per cent in the case of the worst performing road. When the contribution from motorcyclists was removed some of these roads became the safest - showing how the inclusion of specific road-user types can distort the overall pattern of risk.

Sections of British roads where the numbers of fatal and serious accidents involving motorcyclists are above average are predominantly single carriageway routes often in and around coastal areas and national parks. More than 4 in 10 of all motorcyclist deaths are at junctions, often where riders are simply not being seen. Road engineers must rethink design features, particularly at junctions, to marshal traffic, improve layout and visibility and prevent fatal collisions between drivers and riders.

However, EuroRAP analysis of PTW risk has been limited to this disaggregation of PTW crash incidences in risk-rate mapping and performance tracking. It has not extended to differentiating road side features or other specific risks to PTW users within the 'Star Rating' Road Protection Score which does not yet account for the compatibility of different vehicle types with the route itself.

Safety fencing used as median and roadside barriers is an obvious example. These generally improve the Star Rating because for most foreseeable vehicle collisions they will have a beneficial effect. For PTW users however, collision with barriers can be highly destructive. Where barriers are placed in areas where sliding riders are more likely (eg; outer radius of bends), or where they have not been constructed with fallen riders in mind (eg; unprotected upright supports), the negative impact on rider risk is not currently assessed. With nearly 40 per cent of motorcycle deaths occurring on bends there is a clear need to devise solutions that respect PTW rider needs.

Future development: EuroRAP III

The third phase of development will extend EuroRAP to recently admitted EU members states (where risk is highest) and expand the Risk Mapping protocol to analyse risk for different accident types, urban areas and villages as well as road and vehicle engineering interactions. The use of Risk Map-

ping to show the potential for casualty reduction among different road user groups will also be developed.

EuroRAP III looks ahead to application of practical counter-measures through 'Mass Action', with demonstration projects to assess the effectiveness of measures for upgrading safety on existing routes. This will involve local and national authorities in partnership with user organizations, providing valuable new opportunities for identifying what interventions work (and what doesn't), attracting resources to reduce the road-related risks faced by PTW users. PTW expert groups will become part of this process and the various highway engineering guidelines for PTWs recently published for Europe by the motorcycle industry organisation ACEM¹⁰ and Institute of Highway Incorporated Engineers for Great Britain¹¹ will be incorporated.

Further research and development work to take account of specific groups including PTWs in EuroRAP outputs will include; development of the RPS Star Rating methodology to ensure that the protocols used are suitable for PTW safety infrastructure assessment and looking at patterns of PTW crashes to assess where the highest potential gains are in terms of casualty reduction through infrastructure safety provision.

References

- (1) Results from market research carried out as part of EuroRAP's Safer Roads Save Lives campaign http://217.174.251.13/campaigns_research. Available from www.eurorap.org
- (2) EuroRAP AISBL (2005). From Arctic to Mediterranean – First Pan-European Progress Report. EuroRAP AISBL, November 2005. Available from www.eurorap.org
- (3) Further detail available from www.irap.net
- (4) Lynam, D., Sutch, T., Broughton, J., and Lawson, S. D. (2003). European Road Assessment Programme – Pilot Phase Technical Report. AA Foundation for Road Safety Research, Farnborough, May 2003. Available from www.eurorap.org.
- (5) Lynam, D., Hummel, T, Barker, J., and Lawson, S. D. (2004). European Road Assessment Programme – EuroRAP I (2003) Technical Report. AA Foundation for Road Safety Research, Farnborough, May 2004. Available from www.eurorap.org.
- (6) Lynam, D., Hummel, T, Barker, J., Lawson, S. D., and Hill, J. (2004). EuroRAP Year 1 (2003) update – performance tracking of roads. Traffic Engineering and Control, September 2004, Vol. 45, No 8, pp300-304. Available from www.eurorap.org.
- (7) The AA Motoring Trust (2004). EuroRAP 2004 British Results: Tracking accident rates, road improvements and motorcycle involvement. AA Foundation for Road Safety Research, Farnborough, June 2004. Available from www.eurorap.org.
- (8) The AA Motoring Trust (2005). EuroRAP 2005 British Results: Tracking collisions and road improvements, Monitoring motorcycle involvement, Benchmarking across Europe. The AA Motoring Trust and EuroRAP AISBL, Farnborough, March 2005. Available from www.eurorap.org.
- (9) The AA Motoring Trust (2006). EuroRAP 2006 British Results: How Safe Are Britain's Main Roads? The AA Motoring Trust, Basingstoke, May 2006. Available from www.eurorap.org.
- (10) ACEM (2006) Guidelines for PTW Safer Road Design in Europe. ACEM, Brussels, 2006. Available from www.acembike.org
- (11) IHIE (2005) Guidelines for Motorcycling – improving safety through engineering and integration. IHIE, London, 2005. www.ihie.org.uk

Risiken beim Motorradfahren
Spezielle Einflussgrößen durch Straßenführung und Umfeld

Motor Cycle Accidents
Particular risks due to layout of roads and environment

Les risques en conduisant un moto – Les influences spécifiques
par la construction de la route et l'environnement routier

Dr.-Ing. Alexander Sporner
Dr. Sporner Fahrzeugsicherheit GbR, Germany

Kurzfassung

Verkehrsunfälle mit Motorrädern, insbesondere Kollisionen mit anderen Verkehrsteilnehmern, wurden in der letzten Zeit ausführlich wissenschaftlich analysiert und sowohl im Bereich der aktiven Sicherheit als auch zur passiven Sicherheit sind Vorschläge erarbeitet worden. Leider ereignen sich aber auch rund 20% aller Motorradunfälle ohne Einwirkung eines anderen Verkehrsteilnehmers, und gerade in dieser Unfallgruppe ist das Tötungsrisiko besonders hoch. Diese Alleinunfälle waren der Fokus der Untersuchung.

Die Studie, die in Zusammenarbeit mit dem TÜV Bayern und einigen Polizeidienststellen im Raum Bayern/NRW durchgeführt wird, soll anhand der Analyse von Unfallschwerpunkten auf Landstraßen die Charakteristik besonderer Risikoelemente aufzeigen. Erstmals wird die globale Betrachtung eines Unfalles aus den Bereichen Fahrzeug – Fahrverhalten und Straßenbau dargestellt. Alleine für sich können daraus abgeleitete Risikoelemente ungefährlich sein, aber in Kombination kann sich eine Anhäufung von Risiken ergeben, die letztendlich zu einem Unfall führt.

Die Studie enthält unfallanalytisch aufgearbeitete Musterfälle sowie eine Liste von straßenbautechnischen Auffälligkeiten bei den Unfallschwerpunkten.

Abstract

Traffic accidents with motorcycles, especially collisions with other traffic participants have been scientifically analysed very extensive during the last years To reduce the number of accidents, suggestions have been developed as well in the field of active safety as of passive safety. Besides the collisions about 20% of all motorcycle accidents happen without the influence of any other traffic participants. Especially in this group the risk to obtain fatal injuries is highly increased, Those Single accidents are the focus of this investigation.

The study analyses the main aspects and the particular risks for accidents on rural roads in cooperation with TÜV Bayern and some police stations with in the states of Bavaria and North Rhine Westphalia. For the first time a global view on vehicle/driving behaviour and layout of roads is shown. If only one of the derived risk elements appears it may be harmless, but in combination with others it can finally cause an accident.

The study includes analytical investigated samples concerning the focal reasons that caused the accident as well as a list of typical distinctive features due to the layout of the roads.

Résumé

Beaucoup d'accidents de motos, en particulier les collisions avec d'autres usagers de la route, ont été analysés en détail et d'un point de vue scientifique ces derniers temps et on a développé des idées sur le plan de la sécurité active et passive. Malheureusement environ 20 pour cent d'accidents de motos se passent sans influence ou action d'un autre usager de la route et ce sont en particulier ces accidents dont la moto est le seul véhicule impliqué pour lesquelles le risque de mort est très haut. Ce sont ces accidents qui sont au centre d'intérêt de cette recherche.

La recherche, qui a été effectuée en coopération avec le TÜV Bayern (L'association de contrôle technique des machines et véhicules en Bavière) et plusieurs services de police en Bavière et Rhénanie-du-Nord-Westphalie, a pour but de montrer les éléments caractéristiques de risque en analysant les lieux d'accidents sur les routes départementales. Pour la première fois on va présenter un examen global des éléments d'un accident: le véhicule, le comportement du motocycliste et l'environnement routier. Considérant chaque élément de manière isolée, ça pourrait porter aucun danger; mais la combinaison de tous les trois peut finir par accumuler tous les risques et finalement par un accident.

L'étude contient et analyse donc une collection de types d'accidents et donne une liste de caractéristiques frappantes pour les lieux d'accidents en ce qui concerne la construction des routes.

Risiken beim Motorradfahren
Spezielle Einflussgrößen durch Straßenführung und Umfeld

Vorwort

Die vorliegende Studie entstand im Rahmen der Unfallforschungstätigkeit des Europäischen Motorrad Instituts. Das Ziel dieses Projektes war die vertiefte Analyse von Motorradunfällen an Unfallschwerpunkten außerhalb von Ortschaften.

Ohne die tatkräftige Unterstützung des Bayerischen Staatsministerium des Inneren und der Polizeidirektionen Bayreuth und Bamberg sowie der dazugehörigen Polizeiinspektionen und der Autobahndirektion Südbayern wäre die Studie nicht möglich gewesen. An dieser Stelle dankt der Verfasser allen beteiligten Personen sehr herzlich. Ein weiterer Dank gilt Herrn cand. Ing. Georg Windisch, der in seiner Diplomarbeit wichtige Teile der Studie mit bearbeitet hat.

Im Laufe der Arbeit hat sich der Umfang der Fragestellungen, aber auch die Komplexität des Themas so vergrößert, dass nicht alle Bereiche bearbeitet werden konnten. Aus diesem Grund soll die vorliegende Studie als Basis für weiterführende Arbeiten gewertet werden.

Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung
- 2 Schwerpunkte des Motorradunfallgeschehens
- 3 Unfälle mit Verlust der Kontrolle über das Fahrzeug
 - 3.1 Definition
 - 3.2 Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit auf Motorradstrecken
 - 3.2.1 Identifikation von Unfallhäufungspunkten
 - 3.2.2 Wirkungszusammenhänge im Unfallgeschehen aus Verkehrstechnischer Sicht
 - 3.2.3 Maßnahmenentwicklung
 - 3.2.4 Motivation des Motorradfahrers
- 4 Unfallerberhebung der Polizei - Unfallsteckkarten
- 5 Ergebnisse
 - 5.1 Mitwirkung anderer Verkehrsteilnehmer
 - 5.2 Definitionsbedingte Unschärfe von Unfalltypen
 - 5.3 Kurvengrenzgeschwindigkeiten - Schräglagenwinkel
 - 5.4 Straßenverlauf
 - 5.5 Fahrbahnschäden
 - 5.6 Fahrzeugtypen
- 6 Anregungen
 - 6.1 Untersuchungen zum Kurvenfahren
 - 6.2 Grundlagen für Fahrerassistenzsysteme
 - 6.3 Kennzeichnung von Kurvenverläufen
 - 6.4 Ergänzung von Navigationsgeräten
- 7 Zusammenfassung

1 Einleitung

Wenn man sich die Geschichte der Unfallforschung auf dem Gebiet des Motorradunfalles ansieht, so kann man erkennen, dass am Anfang die Erforschung einzelner, auffälliger Probleme stand. Diese Probleme wurden punktuell analysiert und nur in diesen Bereichen nach Lösungen gesucht. Das beste Beispiel hierfür ist der Versuch in England gewesen, einen Beinschutz obligatorisch einzuführen. Die unteren Extremitäten sind immer noch einer der Verletzungsschwerpunkte, die das Motorradfahren so risikoreich gestalten, also eigentlich eine nachvollziehbare Maßnahme. Leider wurde aber nur auf das Risiko der Beine geachtet und die Gesamtheit des Bewegungsablaufes nicht berücksichtigt.

Die Nachteile für die Kopfverletzungen wurden damals schlicht ignoriert. Heute ist es für jeden Motorradforscher selbstverständlich, bei der Suche nach passiven Sicherheitselementen auf alle möglichen Folgen des Gesamtbewegungsablaufes zu achten. Außerdem ist er heute durch die ISO 13232 dazu gezwungen. Ein Beispiel, wie wichtig es ist, bereits innerhalb der passiven Sicherheit die Vernetzung der Maßnahmen und Folgen zu beachten.

Mit zunehmender Forschungserfahrung wurden die Vernetzungen und Zusammenhänge auch zwischen den eigentlich getrennt definierten Bereichen passive und aktive Sicherheit deutlich. Auch hierzu ein Beispiel aus dem Bereich der aktiven Sicherheit, speziell dem Blockierverhinderer beim Motorrad. Alleine für sich ist seine Wirkung das Vermeiden der Vorderradblockade und damit in den meisten Fällen des Sturzes ein reines aktives Element, da es den Sturz und damit den Unfall vermeidet. Erst auf den zweiten Blick wird erkennbar, dass auch im Bereich der passiven Sicherheit ein Gewinn zu verzeichnen ist, da durch die optimale Ausnutzung der Bremsleistung ohne Sturz die Aufprallgeschwindigkeit reduziert wird und damit auch die Verletzungen. Im besten Fall ergeben sich keine Verletzungen, wenn der Unfall durch die Bremsung ganz vermieden werden kann.

Damit ergeben sich Vernetzungen innerhalb der Bereiche der passiven und aktiven Sicherheit sowie unter den Bereichen selbst. Bei der nächsten Stufe der übergreifenden und ganzheitlichen Forschung ist auf die Verbindung der drei Säulen der Unfallforschung Mensch-Maschine-Umwelt zu achten.

Dies zu tun, wird zwar immer wieder behauptet ; sieht man sich die dazugehörigen Studien aber an, so kann man zwar Ansätze erkennen, an der optimalen Vernetzung fehlt aber noch ein Teil, dessen Größe variiert. Auch der Verfasser ist sicher, dass die vorliegende Studie noch ein gutes Stück von der idealen ganzheitlichen Unfallforschung entfernt ist, trotzdem verstehen wir die Ergebnisse als Grundstein einer neuen Richtung der Unfallanalyse, darüber hinaus haben sich potenzielle Forschungsgebiete ergeben, deren Bearbeitung die Voraussetzung für tiefer reichende Studien ist.

2 Schwerpunkte des Motorradunfallgeschehens

Unfälle mit Motorrädern (mit amtlichen Kennzeichen) wurden in erster Linie untersucht, um Erkenntnisse zur passiven und aktiven Sicherheit zu gewinnen. Im Vordergrund stand dabei in einigen Arbeiten der „unschuldige“ Motorradfahrer, der bei Kollisionen mit einem anderen Verkehrsteilnehmer besser geschützt werden oder dessen Unfall vermieden werden sollte. Die Studie „Gefährliche Begegnungen“ /1/ soll hier als Beispiel dienen.

Leider ereignen sich aber auch Unfälle, bei denen die Hauptunfallursache beim Motorradfahrer zu suchen ist. Dies sind nahezu alle Alleinunfälle. Sieht man sich daher die Schuldverteilung für alle Unfälle zusammen an, so ist festzuhalten, dass rund die Hälfte aller Motorradunfälle vom Motorradfahrer verursacht werden.

Tabelle 1: Anteil der Unfallschuld bei Motorradunfällen /2/

Unfallzahlen 2004	Absolut	Prozent
Alleinunfälle	7978	25,28
Kollisionen Hauptverursacher Motorradfahrer	7466	23,66
Kollisionen als Beteiligter 02	16115	51,06
Summe aller Alleinunfälle und Unfälle mit 2 Beteiligten	31559	100,00

Betrachtet man die Unfallfolgen so ergibt sich ein Bereich mit höchsten Risiken, tödlich zu verunglücken – und zwar bei den Außerortsunfällen. Obwohl nur rund ein Drittel aller Motorradunfälle außerorts stattfinden, liegt der Anteil der dabei getöteten Motorradnutzer bei ca. 76%.

Tabelle 2 : Motorradunfälle mit Personenschaden 2002

Motorradunfälle mit Personenschaden ohne BAB (AssB7 2002)					
Insgesamt ohne BAB	35458	100,0	Dabei Getötete	919	100,0
Innerorts	22519	63,5	Dabei Getötete	220	23,9
Ausserorts	12939	36,5	Dabei Getötete	699	76,1

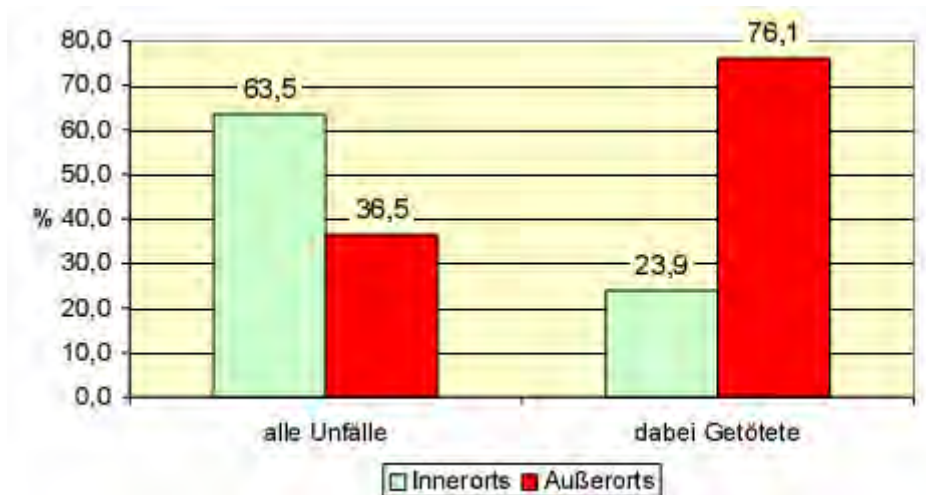


Bild 1: Bedeutung der Unfallschwere bei Außerortsunfällen

Die physikalische Erklärung liegt natürlich in der höheren Energie, die beim Unfall umgesetzt werden muss. Damit sind passive Sicherheitselemente meist überfordert. Für eine wirksame Reduzierung der Unfallzahlen außerorts ist daher die aktive Sicherheit gefordert. Aber auch sie wird hier schnell an Grenzen stoßen, solange Fahrstabilitätssysteme für das Motorrad nicht serienreif sind. Eine Möglichkeit, trotzdem Verbesserungen zu erarbeiten ist daher, die Effekte des Zusammenspiels von Fahrzeugtechnik (Maschine), Fahrverhalten (Mensch) und Straßenführung (Umwelt) bei Außerortsunfällen zu analysieren.

Die Statistik des Bundesamtes erlaubt für den Motorradunfall hierfür nur sehr wenige tiefere Einblicke. Eine Möglichkeit bietet der Vergleich der Altersstruktur des Motorradfahrers bei Inner- und Außerortsunfällen. Der hohe Anteil der ganz jugendlichen Fahrer im Innerortsbereich deutet auf den Anteil der Leichtkrafträder hin. Wesentliche Auffälligkeiten sind nicht zu erkennen, außer dass die Altersklasse 21 bis 44 Jahre einen leicht erhöhten Anteil an Außerortsunfällen hat. Unter Umständen kann aus dieser Darstellung die reduzierte Risikobereitschaft der älteren Motorradfahrer auf Landstraßen entnommen werden.

Altersverteilung bei unterschiedlichen Ortslagen

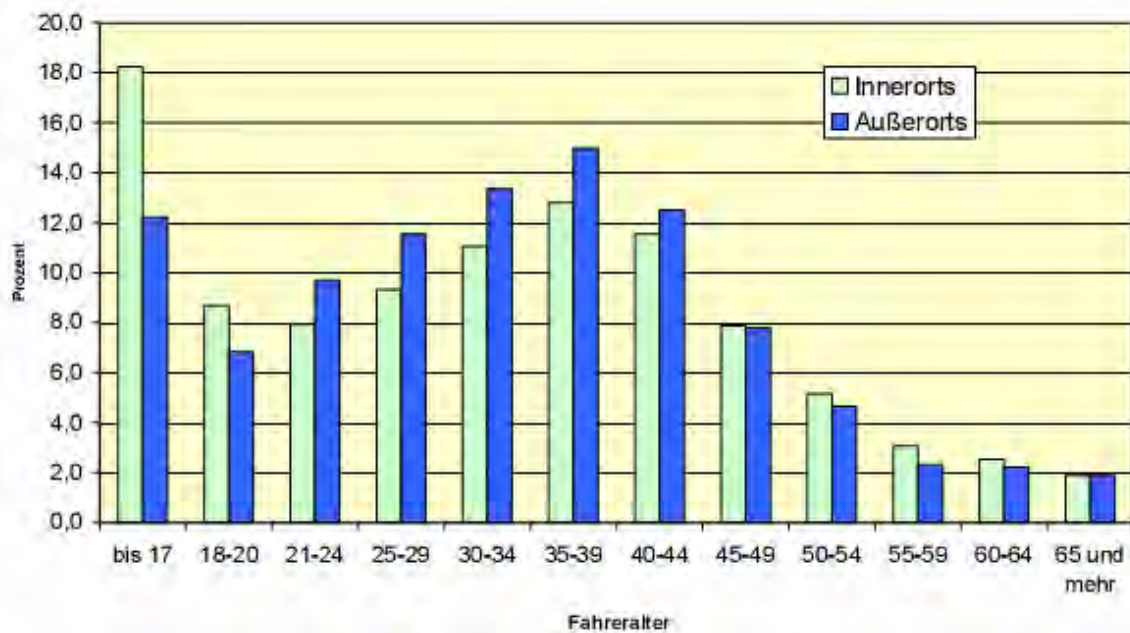


Bild 2: Alter von Motorradfahrern bei unterschiedlicher Ortslage

Weitere Auffälligkeiten von Unfällen außerhalb von Ortschaften lassen sich auch hinsichtlich Straßenzustand und den Lichtverhältnissen kaum finden.

Tabelle 3: Lichtverhältnisse und Straßenzustand bei Außerortsunfällen

Verunglückte Motorradnutzer bei SVU nach Lichtverh. Und Straßenzustand (5.6)					
	Gesamt	Innerhalb	Ausserhalb o. BAB	Prozent	
Tageslicht	29920	18204	11716	60,8	39,2
Dämmerung	1811	1169	642	64,5	35,5
Dunkelheit	5365	3687	1678	68,7	31,3
Trocken	30518	18398	12120	60,3	39,7
Nass	6421	4568	1853	71,1	28,9
Winterglatt	151	94	57	62,3	37,7
			Normalverteilung	63,0	36,0

Einzig die Tatsache, dass nachts oder bei Nässe der Anteil der Außerortsunfälle unter der Normalverteilung liegt zeigt, dass diese beiden Merkmale keinen Schwerpunkt dieser Unfälle bilden.

Eine sehr umfangreiche Studie über das Unfallgeschehen der Motorradfahrer wurde 1999 von As-sing/3/ vorgestellt. Hier zeigte sich, dass Alleinunfälle auf Außerortsstraßen zu über 75% als Fahr-

fälle stattfinden – ein erster Hinweis auf Unfalltypen bezogene Unfallauswertung. Bei etwa 45% dieser Fälle geschieht der Unfall als Unfallart „Abkommen von der Fahrbahn nach rechts“ und zu etwa 19% mit „Abkommen von der Fahrbahn nach links“. Ist der Motorradfahrer außerorts Hauptverursacher eines Unfalls mit mehreren Beteiligten, so ist der Anteil des Unfalltyps „Fahrerunfall“ immer noch 26%.

Im Zusammenhang mit der Streckencharakteristik der Unfallstelle ist ein häufiges Merkmal die Kurve. Bei 65% der Alleinunfälle wird eine Kurve ein charakteristisches Streckenmerkmal. Bei 42% der Alleinunfälle ist eine Kurve sogar einziges Merkmal der Streckencharakteristik. Ist der Motorradfahrer Hauptverursacher eines Unfalls außerorts mit mehreren Beteiligten, wird die Kurve in 35% der Fälle als Merkmal angegeben. Des Weiteren findet bei 41% der Alleinunfälle ein Aufprall auf ein Hindernis neben der Fahrbahn statt. Als überwiegende Unfallursache wird bei Alleinunfällen mit 60% „nicht angepasste Geschwindigkeit“ festgestellt. Bei Unfällen mit mehreren Beteiligten und dem Motorradfahrer als Hauptverursacher beträgt dieser Anteil 37%.

Als Fazit dieser Zahlen der amtlichen Statistik kann festgehalten werden, dass ein Bereich des Unfallgeschehens bis heute nur wenig analysiert worden ist, aber sein Stellenwert bei den Unfallfolgen ihn zu einem Schwerpunkt des Motorradunfalles macht. Es handelt sich dabei um den Verlust der Kontrolle über das Motorrad, insbesondere in Kurvenbereichen.

3 Unfälle mit Verlust der Kontrolle über das Fahrzeug

3.1 Definition

Unfälle, die durch den Verlust der Kontrolle (UVK) über das Fahrzeug gekennzeichnet sind, können zu verschiedenen Unfallgruppierungen gehören. In den meisten Fällen handelt es sich um Fahrerunfälle. Bisher wurden die Begriffe Alleinunfall und Fahrerunfall gleichgestellt, obwohl sie verschiedene Teilmengen des Unfallgeschehens abbilden. Nicht jeder Fahrerunfall ist ein Alleinunfall. Streng genommen ist auch nicht jeder Alleinunfall ein Fahrerunfall. Dies ergibt sich aus der Festlegung der Unfalltypen.

Die Einteilung nach Unfalltypen erfolgt nach dem Verkehrsgeschehen, aus welchem heraus der Unfall entstanden ist. Entscheidend ist nicht die eigentliche Kollision, sondern die Konfliktsituation, welche einen Unfall zur Folge hatte. Weder die Unfallart noch die Unfallursache ist für die Bestimmung des Unfalltyps von Bedeutung.

Es wird unterschieden nach sieben Unfalltypen, wobei der Fahrnfall den Typ 1 darstellt. /4/.

Unfalltyp 1: Fahrnfall

Der Unfall wurde ausgelöst durch den Verlust der Kontrolle über das Fahrzeug (wegen nicht angepasster Geschwindigkeit oder falscher Einschätzung des Straßenverlaufs, des Straßenzustandes o. ä.), ohne dass andere Verkehrsteilnehmer dazu beigetragen haben. Infolge unkontrollierter Fahrzeugbewegungen kann es dann aber zum Zusammenstoß mit anderen Verkehrsteilnehmern gekommen sein.

Zu den Fahrnfällen gehören aber nicht solche Unfälle, bei denen der Fahrer die Gewalt über das Fahrzeug infolge eines Konfliktes mit einem anderen Verkehrsteilnehmer, einem Tier oder einem plötzlichen Hindernis auf der Fahrbahn oder infolge plötzlichen körperlichen Unvermögens oder plötzlichen Schadens am Fahrzeug verloren hat. Im Verlauf des Fahrnfall es kann es zu einem Zusammenstoß mit anderen Verkehrsteilnehmern kommen, so dass man nicht von einem Alleinunfall sprechen kann.

Nach dieser Definition ist der Alleinunfall eine Untergruppe des Fahrnfall es, bei dem es zu keiner weiteren Kollision mit einem anderen Verkehrsteilnehmer gekommen ist.

Hintergrund dieser ausführlichen Darstellung des Unfallgeschehens außerorts und im Speziellen des Fahrnfall es ist die Frage nach dem Stellenwert der Auswertung von Unfallsteckkarten nach Schwerpunkten des Unfalltyps: Fahrnfall sowie die statistische Darstellung von Daten der VUA.

Ein Ziel dieser Studie war ja die Erforschung von Motorradunfällen, bei denen unter anderem die Einflüsse von Straßenverlauf und Umfeld zum Tragen kommen. Die Definition eines solchen Unfalles muss daher, abweichend vom Fahrnfall, den Verlust der Kontrolle über das Fahrzeug in den Vordergrund stellen, was beim Fahrnfall eben nicht ausschließlich der Fall ist. Bisherige Studien zu diesem Thema haben sich dem Problem der Entschärfung dieser Unfallschwerpunkte gewidmet oder sie haben aus psychologischer Sicht versucht, die Hintergründe für die risikoreichen Außerortsunfälle zu finden. Ein kurzer Auszug darüber folgt im nächsten Kapitel.

3.2 Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit auf Motorradstrecken

Das Thema Fahr Unfall und Verkehrstechnik ist in einigen Untersuchungen ausführlich behandelt worden. Beispielhaft sollen die Ergebnisse eines Leitfadens zur Erhöhung der Sicherheit auf Motorradstrecken /5/ dargestellt werden.

Die vorgestellte Vorgehensweise ist in drei wesentliche Abschnitte unterteilt:

- Vorstellung eines Verfahrensablaufs zur Identifikation von Unfallhäufungspunkten
- Erörterung spezifischer Wirkungszusammenhänge des Unfallgeschehens
- Darstellung geeigneter Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit

3.2.1 Identifikation von Unfallhäufungspunkten

Im Rahmen einer Voruntersuchung sind unfallauffällige Streckenabschnitte zu identifizieren. Empfohlen wird hierzu eine Software gestützte Auswertung der Unfalldaten. Diese ist aufgrund von geringerer Fehleranfälligkeit und geringerem Zeitaufwand der manuellen Auswertung von Unfallsteckkarten vorzuziehen.

Ein Streckenbereich ist als unfallauffällig einzustufen, wenn in einem Zeitraum von fünf Jahren

- ein punktuelleres Auftreten von mindestens drei Unfällen mit Personenschaden oder mindestens zwei Unfälle mit schwerem Personenschaden

oder

- ein linienhaftes Auftreten von mindestens drei Unfällen mit schwerem Personenschaden auf einem Streckenabschnitt von einem Kilometer Länge

festgestellt werden kann.

Die Dringlichkeit des zu behandelnden Streckenabschnittes ist festzulegen durch die Höhe des jeweiligen in Folge der Unfälle entstandenen volkswirtschaftlichen Schadens. Für eine konkrete Streckenauswahl sind zudem weitere Experten wie Polizei und Straßenbauverwaltung hinzuzuziehen.

3.2.2 Wirkungszusammenhänge im Unfallgeschehen aus verkehrstechnischer Sicht

Um spezifische Maßnahmen für einen Streckenbereich zu entwickeln, bedarf es einer Detailuntersuchung des Unfallgeschehens. Das Unfallgeschehen wird mit Hilfe von Unfalldiagrammen dokumentiert. Konkrete Ursache-Wirkung-Zusammenhänge der Unfälle sind zu erarbeiten. Folgende Einflussgrößen sind bezüglich ihrer Relevanz für das Unfallgeschehen des jeweiligen Streckenabschnitts zu analysieren:

- **Radienfolge**
Unfallgefährlich sind hier vor allem unterschiedliche Radien bei Kurvenfolgen, Radiensprünge innerhalb von Kurven („Hundekurven“) und plötzliche Kurven nach längeren Geraden. Des Weiteren besteht ein Risiko bei Kurvenfolgen gleicher Radien, aber entgegengesetzter Krümmung. Wenn der Übergangsbogen zu kurz ist, um das Motorrad auf die andere Seite zu legen, droht durch falsche Lenk- und Bremsmanöver ein Verlust der Kontrolle über das Motorrad.
- **Einsichtbarkeit der Strecke**
Eine mangelnde Einsichtbarkeit beziehungsweise eine mangelnde Übersicht über die Strecke hat häufig eine falsche Einschätzung der Streckencharakteristik zur Folge. Dies kann zu unangepasster Geschwindigkeitswahl oder riskanten Überholvorgängen führen.
- **Kollisionen mit entgegenkommenden Fahrzeugen**
Es ist zu untersuchen, inwieweit die Fahrweise von Motorradfahrern (Überholen, Hineinragen des Oberkörpers in den gegenseitigen Fahrstreifen) zu einer Häufung von Kollisionsunfällen beiträgt.
- **Querneigung der Fahrbahn**
Eine unzureichende Querneigung der Fahrbahn in Kurvenbereichen hat einen erhöhten Bedarf an Seitenführungskraft zur Folge. In Kombination mit falschen Lenk- und Bremsmanövern kann dies zu einem schnelleren Haftungsverlust führen.
- **Griffigkeit der Fahrbahn**
Verfügt die Fahrbahn über einen geringen Reibkoeffizienten, ist das Kraftübertragungspotenzial entsprechend eingeschränkt. Ein schnellerer Haftungsverlust ist die Folge. Ebenfalls problematisch sind Sprünge zwischen niedrigem und hohem Reibko-

effizienten. Solche können beispielsweise auftreten bei Bitumenvergüssen, Stahldeckeln und -schienen, Fahrbahnverschmutzungen und Fahrbahnrisen.

- **Aufprall auf Hindernisse neben der Fahrbahn**
Die Schwere der Unfallfolgen wird durch einen Aufprall auf Hindernisse nach einem Sturz häufig erheblich erhöht. Besonders kleine Anprallflächen (z. B. an scharfkantigen Gegenständen) ziehen schwere Verletzungen, häufig mit Todesfolge, nach sich. Hindernisse mit hohem Gefahrenpotenzial sind typischerweise Bäume und Felsen, passive Schutzrichtungen wie konventionelle Schutzplanken ohne Unterfahrerschutz und sonstige Einrichtungen wie Verkehrsschilder, Brückengeländer, Notrufsäulen etc.

3.2.3 Maßnahmenentwicklung

Als Zielsetzung für die anschließende Maßnahmenentwicklung wird benannt eine

- Einwirkung auf das bewusste sowie das unbewusste Fahrverhalten des Motorradfahrers
- Reduzierung der Unfallfolgeschwere.

Für das Erreichen dieser Ziele stehen verschiedene verkehrstechnische und bauliche Maßnahmen zur Verfügung. Bei der Auswahl der Maßnahmen steht eine Einflussnahme auf die instinktive Fahrweise des Motorradfahrers im Vordergrund. In erster Linie soll die Streckencharakteristik besser erkennbar gemacht werden, um so die unbewusste Entscheidungsfindung des Fahrers bezüglich seines Fahrverhaltens zu beeinflussen und Fehleinschätzungen zu vermeiden. Somit wird versucht, der Entstehung von gefährlichen Situationen vorzubeugen. Ist ein Unfall bereits geschehen muss versucht werden, die Schwere der Unfallfolgen so weit wie möglich zu reduzieren.

Werden Unfälle hervorgerufen durch häufiges Übertreten von vorhandenen Streckenverboten (Geschwindigkeitsbegrenzung, Überholverbot) sind weiterhin geeignete Überwachungsmaßnahmen zu ergreifen. Diese werden in dieser Zusammenfassung nicht näher erläutert.

Verkehrstechnisch bieten folgende Bereiche konkret umsetzbare Maßnahmen:

Markierungen

Eine durchgezogene Fahrstreifenbegrenzung dient als Sperre für das Befahren des Fahrstreifens der Gegenrichtung. Je nach Streckenabschnitt können auch zwei Begrenzungstreifen aufgebracht werden.

Ein eventuell bestehendes Überholverbot kann durch eine solche Fahrstreifenbegrenzung verdeutlicht werden. In Kurven kann durch eine Doppelbegrenzung in einem Abstand von bis zu 80cm eine verbesserte Trennung von Verkehr und Gegenverkehr erfolgen. Unfälle, bei denen der Oberkörper des Motorradfahrers in den gegenseitigen Fahrstreifen hineinragt, könnten so verhindert werden.

Die Anordnung von Sperrflächen auf der Fahrbahn oder auf der Fahrbahn aufgebrachte Verkehrszeichen werden hingegen für nicht geeignet erachtet. Der Hauptgrund hierfür ist die mangelnde Griffigkeit der Markierungsoberfläche und die somit entstehenden Reibwertunterschiede. Zur Verwendung von Fahrbahnmarkierungen ist zu sagen, dass Dünnschichtmarkierungen generell vorzuziehen sind. Dickschichtmarkierungen weisen ein schlechteres Kraftschlussverhalten auf. Außerdem tritt beim Überfahren von Dünnschichtmarkierungen ein wesentlich geringerer Schienenführungseffekt auf.

Beschilderung

Die Dimensionierung und die Anordnung von Verkehrsschildern beeinflussen entscheidend die Wahrnehmbarkeit durch den Verkehrsteilnehmer. In Abhängigkeit der aufgetretenen Unfallschwere gibt es mehrere Möglichkeiten, die Wahrnehmbarkeit von Schildern zu erhöhen:

- Beidseitiges Aufstellen
Dies ist vor allem sinnvoll in Annäherungsbereichen von Gefahrenstellen, wenn Verkehrsschilder bei Überholvorgängen vom Überholten verdeckt werden können
- Aufstellen von Sonderformen (Übergröße, weiße Trägerflächen)
Das Aufstellen von Sonderformen ist zu wählen in Bereichen, in denen eine plötzliche und nicht vorhersehbare Änderung der Streckencharakteristik auftritt und mit dieser Änderung eine Häufung von schweren Unfallfolgen festzustellen ist.

Im Bezug auf Motorradfahrer ist eine grafische Information auf einem Verkehrsschild günstiger zu beurteilen als eine textliche. Textliche Informationen können schlechter aufgenommen werden.

Passive Schutzeinrichtungen

Es wird ein Einsatz von Sonderkonstruktionen zur Reduzierung der Unfallschwere empfohlen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Schutzplanken sollen diese Sonderkonstruktionen einen Schutz gegen das Durchrutschen des Fahrers zwischen Planke und Fahrbahn verhindern. Des Weiteren sind gefährliche Anprallflächen wie scharfkantige Pfosten durch entsprechende Maßnahmen, beispielsweise Ummantelungen, abzusichern.

Bauliche Maßnahmen lassen sich folgendermaßen ergreifen:

- Beseitigung oder Versetzen von Hindernissen
- Beseitigung von Sichthindernissen
- Erneuerung der Fahrbahndecke
- Erneuerung des Fahrbahnoberbaus
- Ausbau von Kurven.

Soweit die wichtigsten Auszüge des umfangreichen Leitfadens zur Erhöhung der Sicherheit auf Motorradstrecken. Festzuhalten ist, dass der Bereich der passiven Sicherheit sehr ausführlich behandelt wurde und dass auf diesem Gebiet die Forschungsanstrengungen zur Reduzierung der Unfallfolgen erfolgreich waren.

3.2.4 Motivation des Motorradfahrers

Für den Motorradunfall gelten aber noch weitere Einflußgrößen. Diese liegen in der Motivation, überhaupt kurvenreiche Strecken zu fahren. Sie unterscheidet sich deutlich von denen der Pkw-Fahrer. Auch hier soll beispielhaft die Untersuchung von Zehn/6/ kurz dargestellt werden, die sich auf diese Aspekte konzentrierte und auf einer Befragung von Motorradfahrern basiert.

Aus den übergeordneten Bereichen

- Streckenerlebnis
- Soziale Aspekte
- Fahrdynamische Aspekte
- Leistungsaspekte

waren jeweils verschiedene Unterpunkte zu bewerten.

Im Bereich Streckenerlebnis legt die Mehrzahl der Befragten großen Wert auf die angebotenen Streckeneigenschaften. Diese waren das Streckenprofil (Steigung/Gefälle), die Landschaft/Vegetation, interessante Fixpunkte an der Strecke und ein Wechsel im Streckentyp (gerade/kurvig).

Tabelle 4: Was macht die Straße für den Motorradfahrer interessant?

	Wichtig	Egal	Unwichtig
Geländeprofil	76 %	19 %	5 %
Landschaft	74 %	19 %	7 %
Fixpunkte	56 %	39 %	5 %
Streckentyp	88 %	11 %	1 %

Auch im Bereich soziale Aspekte wurden die unterschiedlichen Punkte Gemeinschaft, Fahrspaß und Erlebnisse während des Motorradfahrens als wichtig eingestuft.

Tabelle 5: Was macht die Straße für den Motorradfahrer interessant?

	Wichtig	Egal	Unwichtig
Gemeinschaft	75 %	22 %	3 %
Fahrspaß	97 %	1 %	2 %
Erlebnisse	80 %	18 %	2 %

Der Bereich fahrdynamische Aspekte stellt Eigenschaften von Motorradstrecken im Bezug auf die Streckenführung dar.

Tabelle 6: Was macht die Straße für den Motorradfahrer interessant

	Ja	Egal	Nein
Große Sichtweiten	61 %	32 %	7 %
Kurvenabstand gleich	17 %	59 %	24 %
Radien gleich	14 %	51 %	35 %
Viele Kurven	71 %	23 %	6 %
Breite Straßen	45 %	42 %	13 %
Wenig Verkehr	68 %	25 %	7 %
Wenige LKW	64 %	13 %	23 %
Guter Grip	86 %	10 %	4 %
Kalkulierbarkeit	64 %	30 %	6 %
Hundekurve	17 %	37 %	46 %
Geringe Längsneigung	34 %	54 %	12 %
Übersichtlichkeit	85 %	12 %	3 %

Für den Bereich Leistungsaspekte ist festzuhalten, dass 99,2% der befragten Motorradfahrer ein sensorisches Beherrschen ihres Motorrades für wichtig erachten. Weiterhin sind weniger als 50% an einem Fahren im Grenzbereich interessiert.

Für nahezu alle Befragten steht der Fahrspaß im Vordergrund. Abwechslungsreiche, kurvige Strecken in ansprechender Landschaft üben den größten Reiz auf Motorradfahrer aus. Die Ergebnisse der Erhebung in den Bereichen fahrdynamische Aspekte und Leistungsaspekte lassen aber auch darauf schließen, dass Motorradfahrer durchaus an einer sicherheitsorientierten Fahrweise bzw. Streckeneigenschaften interessiert sind. Erkenntlich wird dies beispielsweise durch die Angaben zum Streckenverlauf, wobei hier Wert gelegt wird auf große Sichtweiten, gute Kalkulierbarkeit der Strecke und eine große Übersichtlichkeit in Kurvenbereichen.

Soweit ein kurzer Blick auf die psychologischen Aspekte des Motorradfahrens, wobei eine Aussage sehr überraschend ist, nämlich der Anteil der Motorradfahrer von rund 50%, die nicht am Fahren im Grenzbereich interessiert sind – oder anders herum sind rund 50% Motorradfahrer auf der Strecke, die ans Limit gehen.

Für die weitere Betrachtung der Unfälle mit Verlust der Kontrolle kann sich daher die Frage ergeben: Verunglücken nur die Motorradfahrer, die ans Limit gehen oder trifft es auch Motorradfahrer, die nicht im physikalischen Grenzbereich fahren? Die Beantwortung dieser Frage kann nur eine Unfallerhebung beantworten, die versucht, alle Informationen vom Unfallort und wenn möglich zur Unfallentstehung zu finden.

4 Unfallerhebung der Polizei-Unfallsteckkarten

Täglich werden über 1000 Verkehrsunfälle mit Personenschaden von der Polizei aufgenommen und finden Eingang in die amtlichen Unfallstatistiken. Was aber genauso wichtig, wenn nicht noch aussagekräftiger ist, wurde im Rahmen der technischen Unfallanalyse des ehemaligen Instituts für Fahrzeugsicherheit in München nur wenig beachtet. Es handelt sich dabei um die Unfallsteckkarten, die mit vielen Informationen aus der Verkehrsunfallanzeige das Unfallgeschehen geografisch darstellen. Einen ersten Überblick über die Art der Unfallbeteiligung bietet die Unfallsteckkarte. Wie die folgenden Bilder einer solchen Unfallsteckkarte zeigen, lassen sich die ersten Schwerpunkte von Motorradunfällen sofort ausmachen.

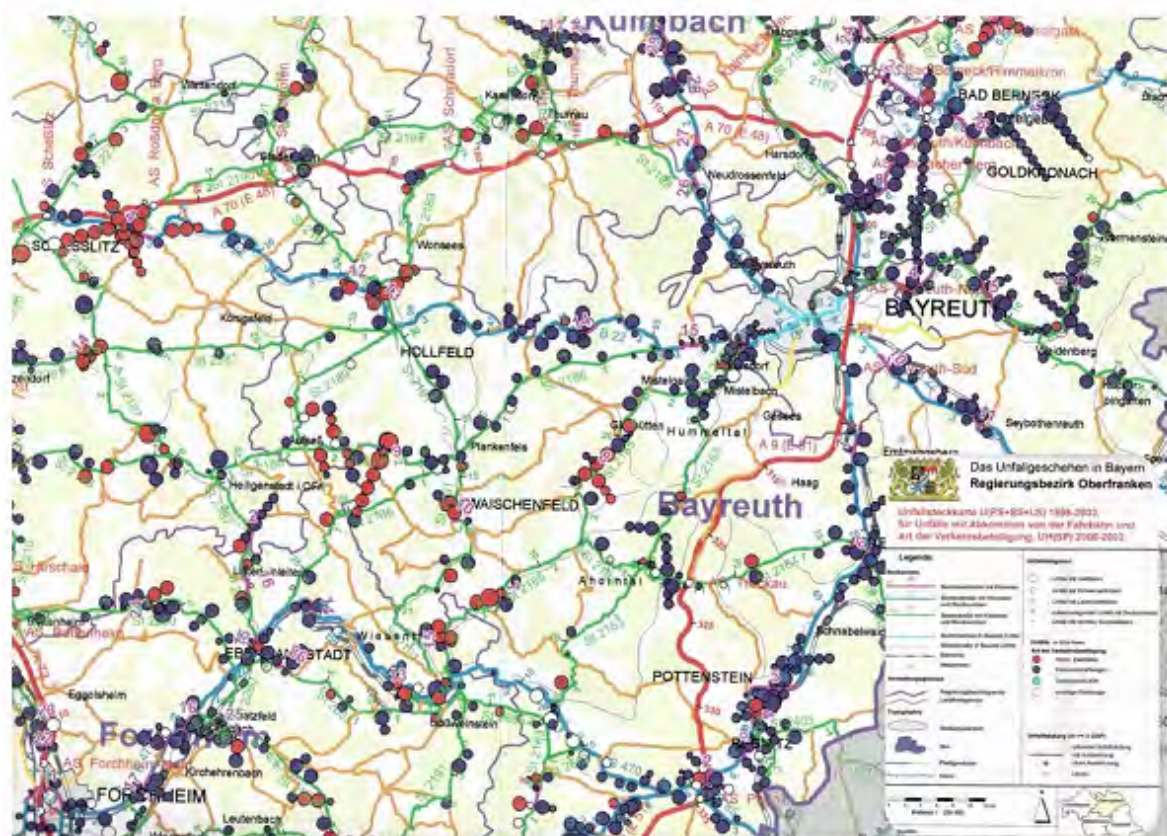


Bild 3: Auszug aus der Unfalltypensteckkarte 1999 – 2003 für Unfallart: Abkommen von der Fahrbahn, Aufteilung nach Verkehrsbeteiligung auf Bundes- und Staatsstraßen in Oberfranken.

Die roten Punkte stehen für Motorradunfälle.

Unfallsteckkarten können auf der Basis von Unfallarten, Fahrzeugbeteiligung oder anderen Unfallmerkmalen angefertigt werden und liefern so auf einen Blick den Hinweis auf örtliche Problempunkte.



Bild 4: Auszug aus der Unfalltypensteckkarte 1999-2003 für Motorradunfälle auf Bundes- und Staatsstraßen in Oberfranken. Die grünen Punkte stehen für Fahrnfälle.

Eine der Hauptaufgaben dieser Unfallsteckkarten ist das Sichtbarmachen von Risikostrecken. Diese Streckenabschnitte können dann durch bauliche Maßnahmen entschärft werden. Diese passiven Sicherheitsmaßnahmen können Änderungen im Straßenbelag, Straßenverlauf, meist aber eine zusätzliche Anbringung von Leitplanken und Unterfahrschutz oder Warnhinweisen sein. Ändert sich dadurch aber die Unfallhäufigkeit oder reduziert sich nur die Unfallschwere?

Das Europäische Motorrad Institut hat zum ersten Mal versucht, über die Fahrzeugtechnik hinaus mit Hilfe der Unfallsteckkarten auch Unfalleinflußgrößen aus dem Umfeld wie Straßenverlauf, Straßenzustand und dem Fahrverhalten an bestimmten Unfallschwerpunkten die Risiken zu suchen, die letztendlich zum Unfall geführt haben. Die Zielrichtung der Studie war also nicht die Verbesserung der passiven Sicherheit an diesen Unfallstellen, sondern eine Liste von unfallauslösenden Kriterien zu finden.

Bis es aber dazu kommen konnte, waren umfangreiche organisatorische Aufgaben zu erledigen. Ein besonderer Dank gilt daher dem Bayerischen Staatsministerium des Inneren, Herrn Ltd. Ministerialrat Blümel, der durch seine Unterstützung des Projektes erst die Zusammenarbeit mit den Polizeidienststellen ermöglicht hat. Im zweiten Schritt konnten durch die Mithilfe des Polizeipräsidiums Oberfran-

ken, Herrn Peter Hübner, Unfallschwerpunkte von Motorradunfällen im Oberfränkischen Raum definiert und zum Teil auf die betreffenden Verkehrsunfallanzeigen zurückgegriffen werden.

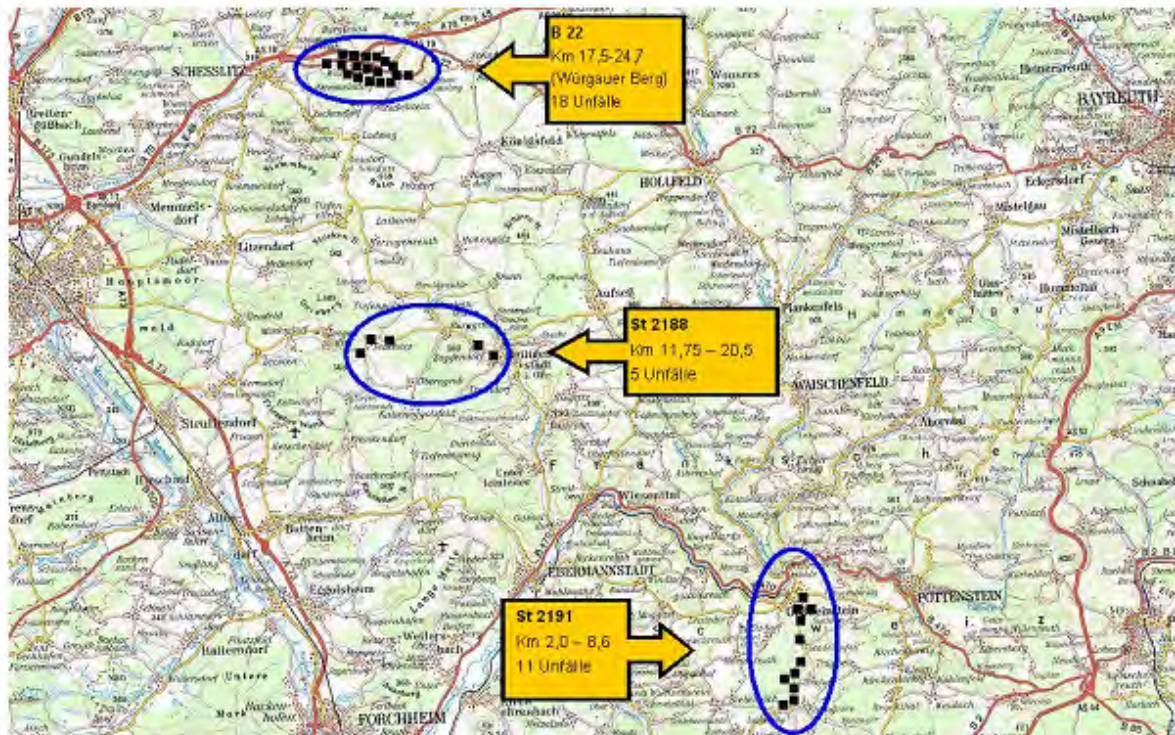


Bild 5: zugeschickte Unfälle in Oberfranken

Insgesamt 34 Unfallakten wurden uns zur Auswertung zur Verfügung gestellt. Diese Unfälle ereigneten sich an Unfallschwerpunkten, die anhand der Unfallsteckkarte der Jahre 1999 bis 2003 registriert wurden. Für die vorliegende Studie eine ausreichende Anzahl, da durch zeitliche und personelle Begrenzung des Projektes keine Möglichkeit bestand, mehr Unfälle auszuwerten. Für weiterführende Arbeiten muss diese Anzahl erhöht werden, da, wie die weiteren Analysen gezeigt haben, die Datendichte der Unfälle stark schwanken kann.

Bei der Durchsicht der Unfälle wurden die Unfälle ausgefiltert, bei denen es sich nicht um reine Fahrunfälle (bzw. UVK) handelte oder die Informationsdichte und Unfallschwere zu gering waren. Von den übrig gebliebenen Fällen wurden 15 Unfallstellen vor Ort besichtigt.

Einen besonderen Schwerpunkt in Oberfranken stellt der Straßenverlauf im Bereich von Würgau da. Gleich nach Ortsende beginnt eine für Motorradfahrer reizvolle Kurvenkombination, die leider auch zu vielen Unfällen führt.



Bild 6: Würgauer Berg Straßenverlauf und analysierte Unfälle.

Als Folge dieser Unfallopfersammlungen wurde die Straße umgestaltet und mit passiven Sicherheitselementen ausgerüstet. In diesem Zusammenhang ist es bemerkenswert, dass rund zwei Drittel aller in Bayern verbauten Unterfahrschutzplanken (Typ Euskirchen) in Oberfranken zum Einsatz kamen.



Bild 7: Vorher – nachher ; Würgauer Berg

Es würde den Rahmen dieser Präsentation sprengen, jeden untersuchten Unfall darzustellen. Die folgenden Ergebnisse sind daher als erste Zusammenfassung der vertieften Einzelfallanalyse zu sehen.

5 Ergebnisse

Bedingt durch die geringe Fallzahl der Motorradunfälle sind die folgenden Ergebnisse nicht als statistisch abgesichert zu betrachten. Trotzdem zeigen die Fälle erste Hinweise auf Risikoelemente, die in umfangreicheren Untersuchungen hinterfragt und weiter analysiert werden können. Als erstes muss festgehalten werden, dass in der Definition des Fahrnfalltes bereits eine Besonderheit enthalten ist, die bei der Suche nach Unfällen mit Verlust der Kontrolle über das Fahrzeug zu Problemen führt.

5.1 Mitwirkung anderer Verkehrsteilnehmer

Dabei geht es um die Mitwirkung anderer Verkehrsteilnehmer am Unfall. Laut Definition darf beim Fahrnfall eine Kollision mit einem anderen Verkehrsteilnehmer stattfinden. Es darf aber eine Unstetigkeit im Verlauf des Kurvendurchfahrens nicht einem anderen Verkehrsteilnehmer zugeordnet werden. Mit anderen Worten : Wenn der Motorradfahrer erschrickt, durch einen z.B. entgegenkommenden Pkw und dadurch die Kontrolle über das Fahrzeug verliert, handelt es sich nicht um einen Fahrnfall.

Dadurch ergibt sich das Problem, dass der von uns untersuchte Unfallablauf, der durch den Verlust der Kontrolle über das Fahrzeug gekennzeichnet ist, nicht nur als Fahrnfall erfasst wird, sondern auch durch den Unfalltyp 6, Unfall im Längsverkehr, und Unfalltyp 7, sonstiger Unfall. Mehr dazu im nächsten Kapitel.

Bei den beobachteten Unfällen (UVK) waren zu ca. 50% andere Verkehrsteilnehmer beteiligt. Dies waren Kollisionen, die im Anschluss an einen Sturz erfolgten, aber auch indirekte Beteiligungen. Dabei handelte es sich nach VUA zum Teil um Fahrnfälle. Die Einzelfallanalyse hat dagegen gezeigt, dass bei – vorsichtig beurteilt – rund der Hälfte dieser Fälle der andere Verkehrsteilnehmer zur Verunsicherung des Motorradfahrers beigetragen haben kann. Dies war z.B. der plötzlich auftauchende entgegenkommende Pkw oder der Fahrradfahrer, der bei Kurvenbeginn noch überholt worden ist und den Bewegungsentwurf gestört hat.

Ein Fall, bei dem nach Angabe des Motorradfahrers ein Hase über die Fahrbahn gelaufen ist, wurde richtig als „sonstiger Unfall“ eingeordnet. Der Unfallablauf war aber exakt wie bei den anderen Unfällen mit Verlust über die Kontrolle des Fahrzeugs. Aus einer kontrollierten Kurvenfahrt unter der physikalischen Kurvengrenzgeschwindigkeit wurde plötzlich eine Unstetigkeit, die zum Unfall bzw. Sturz führte.

Für Verhaltenspsychologen ist es wahrscheinlich ein bekanntes Phänomen, wenn der Bewegungsentwurf durch ein plötzlich erscheinendes Ereignis eine Änderung erzwingt. Als Techniker verschließen

sich mir leider die Möglichkeiten, solche Ereignisse weiter zu erforschen. Für den Fachbereich der Kollegen sind hier aber bestimmt Ansatzpunkte enthalten, Maßnahmen für die Aus- und Weiterbildung zu erarbeiten, wenn sie nicht schon vorliegen und nur nie genutzt wurden.

5.2 Definitionsbedingte Unschärfe von Unfalltypen

Unfallstudien nutzen in vielen Fällen die amtliche Statistik, sei es die der Länder oder des Bundes. All diese Datenbanken basieren auf der Verkehrsunfallanzeige. Trotz unterschiedlicher VUA in den einzelnen Bundesländern wird das Merkmal „Unfalltyp“ überall erfasst. Wie im vorangegangenen Kapitel angesprochen, kann sich ein bestimmter Unfallablauf unter verschiedenen Unfalltypen verbergen, was eine Datenbankauswertung erschwert. Für die Unfallforschung ist es wichtig, ähnliche Unfallabläufe zu vergleichen, denn nur so können passive oder aktive Verbesserungsvorschläge erarbeitet werden.

Für weiterführende Forschungen soll daher beachtet werden, dass eine erweiterte Betrachtung der Unfalltypen unabdingbar ist und die einfache Auswertung der bestehenden Unfalltypen nicht ausreicht. Damit müssen alle statistischen Aussagen, die auf der VUA basieren, kritisch hinsichtlich der Ergebnisse zum Unfallablauf gewertet werden.

5.3 Kurvengrenzgeschwindigkeiten – Schräglagenwinkel

In 90% der Fälle wurden in der VUA als Unfallursache „überhöhte Geschwindigkeit“ eingetragen. Unter Umständen mehr Aussagen liefert folgende Auswertung. Bei allen untersuchten Unfallorten wurde der Kurvenverlauf vermessen, insbesondere der Kurvenradius. Mit den Angaben über Bremsspurlängen, Verformungen und Wurf- bzw. Rutschweiten der Motorradfahrer und ihrer Fahrzeuge wurde versucht, die gefahrene Kurvengeschwindigkeit zu rekonstruieren. Zum Moment der Fertigstellung standen erst wenige Ergebnisse fest, es zeichnete sich aber ein Phänomen ab, das von Verhaltensforschern, vor allem von Spiegel /7/,



schon vor Jahren postuliert wurde. Der Mensch verfügt über eine Reihe von Verhaltensbausteinen aus der Urzeit der menschlichen Entwicklung. Einer davon ist die Schräglage, beispielsweise beim Laufen. Spiegel benennt einen Bereich um 20 Grad, der vom Menschen als Grenzwert angesehen werden kann. Zum Überschreiten dieses Grenzwertes bedarf es einer langen Zeit des Übens.

Für das bis jetzt untersuchte Unfallmaterial ergab sich, dass in mindestens der Hälfte der Fälle die gefahrene Kurvengeschwindigkeit deutlich unter der berechneten, physikalischen Kurvengrenzgeschwindigkeit lag. Der Motorradfahrer hat also nicht am Limit die Kurve durchfahren, sondern ist bereits bei niedrigerer Geschwindigkeit zum Sturz gekommen. In den Fällen, in denen wir die Kurvengeschwindigkeit annähernd berechnen konnten, lag der rekonstruierte Schräglagenwinkel bei rund 20 bis 25 Grad.

Damit würden sich die Überlegungen von Spiegel bestätigen. Mehr noch: Diese psychologische Grenze oder subjektive Schräglage stellt sozusagen eine Phase der Motorradausbildung dar, die es gilt durch Üben, Perfektionstraining und Ähnliches zu überschreiten, um so die Risiken beim Kurvenfahren abzubauen.

5.4 Straßenverlauf

Bei der Besichtigung vor Ort wurden die Kurven auch durchfahren, um einen subjektiven Eindruck vom Kurvenverlauf zu erhalten. Eine Kurve am Anfang des Würzgauer Berges in der Doppellinks-Kombination hat sich dabei als trickreich ergeben. Die meisten Unfälle ereigneten sich im zweiten Kurvenbogen, der vom Kurvenradius die gleichen Anforderungen wie der erste darstellt. Lediglich ein kurzes Stück mit größerem Kurvenradius zwischen den beiden Kurven verleitet dazu, wieder zu beschleunigen was dazu führt, dass die zweite Kurve zu eng wird. Auch hier lag die physikalische Kurvengrenzgeschwindigkeit noch über der Sturzeschwindigkeit, was bedeuten kann, dass der Motorradfahrer von diesem Straßenverlauf überrascht wurde und daher „aufgegeben“ hat.

Bei den anderen untersuchten Kurven handelte es sich um ganz normale Kurvenverläufe, die sich in den meisten Fällen an eine längere Gerade anschlossen.

5.5 Fahrbahnschäden

In den untersuchten Unfällen war kein Fall enthalten, bei dem der Zustand der Fahrbahnoberfläche oder Verschmutzungen unfallrelevant waren. Dies muss nicht bedeuten, dass alle Unfälle mit Verlust der Kontrolle nur auf Fahrfehler des Motorradfahrers zurückzuführen sind. Schwierig ist nur der Anteil zu berechnen, bei dem es durch Einflüsse der Fahrbahn zu Unfällen kam. Die einzig mir bekannte Untersuchung, die dazu eine Aussage trifft ist MAIDS, in der berichtet wird, dass bei 3,6% aller dort untersuchten Unfälle so genannte „roadway maintenance defects“ mit zum Unfall beigetragen haben.

5.6 Fahrzeugtypen

Bei den untersuchten Unfällen traten keine Besonderheiten bezüglich des verunglückten Motorradtyps auf. Vom Leichtkraftrad über Harley-Davidson bis hin zur Suzuki GSX-R1000 lag das Spektrum der beteiligten Fahrzeuge. Eine Aussage, dass nur spezielle Sportmotorräder auffällig sind, konnte nicht bestätigt werden.

6 Anregungen

Die folgenden Punkte sind Vorschläge, sich über das Thema weitere Gedanken zu machen. Dabei werden Forschungsdefizite angesprochen, aber auch neuartige Methoden zur Reduzierung des Unfallrisikos. An eine Realisierung ist in manchen Fällen noch nicht zu denken, aber die Weiterentwicklung des Gedankens kann vielleicht auf absehbare Zukunft zu Erfolgen führen.

6.1 Untersuchungen zum Kurvenfahren

Trotz intensiver Suche konnten keine experimentellen Studien zur Untersuchung der Schräglagenwinkel beim Durchfahren von Kurven gefunden werden. Ähnlich wie bei der Problematik zum Bremsen soll an dieser Stelle angeregt werden, Versuchsreihen durchzuführen, die als Ziel die unterschiedlichen Schräglagen aufzeigen sollen, die von geübten und ungeübten Motorradfahrern produziert werden. Mit hoher Wahrscheinlichkeit wird sich eine Gauß'sche Verteilung um einen subjektiven Schräglagenwinkel ergeben, der nahe an der bereits erwähnten 20-Grad-Grenze liegen könnte. Bei der TU-Darmstadt ist z.B. ein Schräglagensensor in der Erprobung, der ideal geeignet wäre, solche Versuche durchzuführen. Als Folge könnte in Weiterbildungsveranstaltungen und Perfektionstrainings auf diese Problematik eingegangen werden.

6.2 Grundlagen für Fahrerassistenzsysteme

Die Ergebnisse der Studie haben gezeigt, dass Kurvenunfälle, die nicht im Grenzbereich der Seitenführungs- und Umfangskraft liegen, einen nicht unbedeutenden Teil aller Unfälle darstellen. Damit sind Voraussetzungen gegeben, Systeme zu entwickeln, die den Rest der Übertragungskräfte dazu nutzen könnten, die Fahrstabilität zu erhöhen. Auch der Unfallablauf der hier untersuchten Unfälle mit Verlust der Kontrolle über das Fahrzeug könnte weitere Eingabeparameter für die Problematik „Fahrerassistenzsystem“ bringen.

6.3 Kennzeichnung von Kurvenverläufen

Die Kennzeichnung von Kurvenverläufen unterliegt keiner Systematik. Es besteht also keine Möglichkeit, anhand von Richtungstafeln in Kurven (Nr 625) auf einen Kurvenradius bzw. Kurvenverlauf (Zykloide) zu schließen. Zwar gibt es die Möglichkeit, dieses Zeichen aufzusplitten in mehrere Einzelzeichen, aber eine Aussage über den Kurvenverlauf wird dadurch nicht



verständlicher. Es wird angeregt, die Möglichkeiten einer differenzierteren Kennzeichnung zu diskutieren.

6.4 Ergänzung von Navigationsgeräten

Besonders bei Tourenmotorrädern setzen sich GPS-Navigationsgeräte immer mehr durch. Diese Informationen der geografischen Darstellung des Straßenverlaufs kann durch entsprechende Software um die Problematik besonderer Kurvenverläufe ergänzt werden. Dabei soll dem Motorradfahrer nicht die Eigenverantwortung des Kurvenfahrens genommen, sondern durch zusätzliche Informationen, ergänzend zu seinen eigenen Eindrücken der Kurve, ein entspannteres Fahren ermöglicht werden. Auch hier kann auf die Erkenntnisse von Spiegel zurückgegriffen werden, die besagen, dass verspanntes Motorradfahren Risiken beinhaltet. Rein theoretisch wäre es kein Problem, die aktuelle Geschwindigkeit mit der Kurvengrenz- bzw. Kurvenkomfortgeschwindigkeit der kommenden Kurve zu verbinden und Hinweise auszugeben.

7 Zusammenfassung

Unfälle, die mit dem Verlust der Kontrolle über das Fahrzeug gekennzeichnet sind (UVK), ereignen sich in erster Linie als Außerortsunfälle. Sie können dem Unfalltyp „Fahrerunfall“ angehören, wobei man von Alleinunfällen spricht, wenn es im weiteren Verlauf des Unfalls nicht mehr zu einer Kollision mit einem weiteren Verkehrsteilnehmer kommt. Die Auswertung von Unfalldatenbanken wie der amtlichen Statistik oder der Deutschen Versicherer führt bei dieser Art von Unfällen nur zu beschränkten Ergebnissen.

Nur die vertiefte Analyse des Unfallgeschehens vor Ort mit besonders ausgebildeten, motorradfahrenden Experten kann die Liste der unfallauslösenden Parameter erweitern. Dabei spielen Straßenverlauf und Fahrverhalten eine große Rolle. Erleichtert wird die Unfallerhebung durch die Zusammenarbeit mit Polizeidienststellen, die bei der Ermittlung von Unfallschwerpunkten helfen können und den Zugriff auf die Verkehrsunfallanzeigen erlauben. Besichtigungen der Unfallorte zur ergänzenden Erhebung von Unfallmerkmalen, aber auch zur subjektiven Beurteilung des Unfalls, sind eine ideale Ergänzung zu theoretischen Auswertungen.

Folgende Institutionen und Behörden haben maßgeblich bei der Durchführung des Projektes geholfen:

Bayerisches Staatsministerium des Inneren Ltd. Ministerialrat Walter Blümel	PI Ebermannstadt POK Werner Götz
Polizeipräsidium Oberfranken PHK Peter Hübner	Polizeidirektion Bayreuth PHK Sigurd Zapf
Polizeidirektion Bamberg EPHK Peter Hofmann	PI Bayreuth-Land PHK Jürgen Schenkel
PI Bamberg-Land PHK Reiner Gold	Autobahndirektion Südbayern Herr V. Spahn

Literatur

/1/

A. Spörner, Th. Kramlich

Institut für Fahrzeugsicherheit, München, 1996 und 2002, GDV

Pkw/Motorradkollisionen – Ansatzpunkte für die Bewertung der Risikoexponierung

Noch immer gefährliche Begegnungen. Die häufigsten Gefahrensituationen für Motorradfahrer und die resultierenden Verletzungen

/2/

Statistisches Bundesamt 2004

Verkehrsunfälle, Fachserie 8 / Reihe 7

/3/

Kai Assing

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 137, 2002

Schwerpunkte des Unfallgeschehens von Motorradfahrern

/4/

Informationen des Instituts für Straßenverkehr, Köln, 1998, GDV

Leitfaden zur Bestimmung des Unfalltyps

/5/

Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen

Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit auf Motorradstrecken – Leitfaden

/6/

Anette Zehn et al

Forschungsheft Zweiradsicherheit Nr. 11, 2004

Was macht die Straße für den Motorradfahrer interessant und was gefährlich

/7/

Bernt Spiegel

Motorbuch Verlag 2002

Die obere Hälfte des Motorrades

**Simulation des Anpralls von Motorradfahrern
an Straßenschutzeinrichtungen mit Hilfe eines
numerischen Menschmodells**

**Simulation of motorcyclists` impacts on roadside barriers
using a numerical human model**

**Simulation de collision entre motocycliste et glissière de sécurité
a l'aide d'un modèle humain numérique**

Dipl.-Ing. Steffen Peldschus, Dr. Erich Schuller
Institut für Rechtsmedizin der Universität München, Germany

Kurzfassung

Der Anprall eines zu Sturz gekommenen Zweiradaufsassens an eine Schutzplanke wurde in der Literatur bereits vielfach als besonders kritisch herausgestellt. Die vor über 20 Jahren begonnenen Anstrengungen zur Entwicklung von Schutzmaßnahmen dauern an. Es existieren bereits Vorschläge und Normen zur Bewertung der biomechanischen Wirksamkeit derartiger Maßnahmen (Anpralltests). Die verfügbare Basis experimenteller Grundlagenuntersuchungen ist allerdings klein, verglichen beispielsweise mit dem Crashtest-Bereich im Automobilsektor. Diese Arbeit stellt deshalb den Ansatz der numerischen Simulation des Schutzplankenpralls des menschlichen Körpers vor.

Dabei wird das Finite-Elemente-Modell HUMOS2 für die Crash-Simulation verwendet. Obwohl die Entwicklung des Modells im Automobilbereich erfolgte, wird hier die Anwendbarkeit auf andere Belastungskonstellationen, wie etwa die Verletzung durch Barrierenbauteile, aufgezeigt. Es wird dabei auch auf die Limitierungen des Modells eingegangen.

Mit der numerischen Simulation des Körperanpralls an Schutzplanken können Verletzungsmechanismen abgebildet werden. Dies soll die verfügbaren Grundlagenuntersuchungen erweitern. Außerdem soll damit die Entwicklung von biomechanisch validen Anpralltests mit Hilfe von Dummies zum Zweck der Bewertung von Schutzmaßnahmen ermöglicht werden.

Abstract

The hazards of an impact of a motorcyclist on a roadside barrier, subsequently to being separated from his machine, have numerously been pointed out in the literature. Efforts have been undertaken for more than 20 years to develop countermeasures. A few standards have been set up in different European countries on how to assess the biomechanical efficacy of such safety measures by means of impact tests. The experimental research available as the basis for impact tests is however little compared to the field of automobile crash tests for instance. This paper therefore describes the approach of numerical simulation of a human-body impact on a roadside barrier.

The Finite-Element model for crash simulation HUMOS2 is used for this approach. Although this model has been developed in the automotive environment, the potential for application to other constellations, like injuries-causing impacts on barrier parts, is shown. The limits for such application of the model are discussed too.

The description of injury mechanisms of human-body impacts on roadside barriers by means of numerical simulation is demonstrated. This is meant to extend the available knowledge and basic research in this field. By improving the biomechanical validity, this method supports the development of impact tests with crash-test dummies in order to assess barrier safety features.

Résumé

La collision à pleine vitesse d'un motard désarçonné contre la glissière de sécurité a été déjà à maintes reprises considérée dans la littérature comme particulièrement meurtrissante. Les efforts portés depuis plus de vingt ans sur le développement de mesures de protection efficaces perdurent. Il existe aujourd'hui de multiples propositions et normes permettant de vérifier l'efficacité biomécanique de ces systèmes protecteurs (tests aux impacts). Les possibilités d'analyse offertes ici sont cependant réduites en comparaison, par exemple, à celles proposées dans le domaine du crash automobile. Dans ce cadre, cette dissertation se propose de présenter l'approche de la simulation numérique pour la collision entre une glissière de sécurité et le corps humain.

Dans cette perspective, le modèle éléments-finis HUMOS2 sera utilisé pour les simulations crash. Malgré le fait que le développement de ce modèle ait eu lieu dans le domaine automobile, son utilisation va être ici étendue à d'autres cas de figure, comme par exemple pour les estimations de blessures dues aux composants de la glissière. Le problème des limites de ce modèle pour de telles estimations sera également abordé.

Grâce à cette méthode de simulation numérique d'impact corporel contre la glissière de sécurité, les mécanismes de blessure vont pouvoir être appréhendés plus précisément. Ceci va permettre en outre d'élargir l'éventail des techniques d'analyse disponibles. Ainsi, des tests validés sous l'aspect biomécanique pourront être mis en œuvre à l'aide de mannequins dans le but d'estimer l'efficacité de systèmes de protection corporelle.

**Simulation des Anpralls von Motorradfahrern
an Straßenschutzeinrichtungen mit Hilfe eines
numerischen Menschmodells**

Einleitung

Der Anprall eines zu Sturz gekommenen Zweiradaufsassens an eine Schutzplanke wurde in der Literatur bereits vielfach als besonders kritisch herausgestellt. Die vor über 20 Jahren begonnenen Anstrengungen zur Entwicklung von Schutzmaßnahmen dauern an. Es existieren bereits Vorschläge und Normen zur Bewertung der biomechanischen Wirksamkeit derartiger Maßnahmen. Dabei handelt es sich um Aufpralltests, entweder mit Hilfe eines Impaktors [01/] oder unter Verwendung von Crashtest-Dummies [02/, 03/, 04/]. Zur Bewertung der Wirksamkeit wurden biomechanische Größen wie Beschleunigungswerte herangezogen. Die verwendeten Dummies wurden ebenso wie die zu analysierenden Messgrößen und die entsprechenden Grenzwerte fast ausschließlich aus dem Crashtest-Bereich im Automobilssektor übernommen. Dies ist damit zu erklären, dass die verfügbare Basis experimenteller Grundlagenuntersuchungen für den hier betrachteten Bereich der Unfallforschung im Vergleich zum Automobilssektor klein ist. Mit fortschreitender Technologie wird die numerische Crash-Simulation inzwischen auch auf den Schutzplankenprall von Zweiradaufsassens angewendet [05/, 06/]. Die vorliegende Arbeit stellt hier den Ansatz der Simulation unter Verwendung eines numerischen Menschmodells vor.

Der Anprall eines Zweiradaufsassens gegen eine Schutzplanke kann grundsätzlich in zwei Konstellationen erfolgen – im Verbund mit dem Zweirad oder nach vorangegangener Trennung vom Fahrzeug. Für den letzteren Fall lässt sich aus der Literatur und der Analyse von detaillierten Unfalldatenbanken eine das Unfallgeschehen gut repräsentierende Aufprallsituation feststellen [07/]. Dabei rutscht der Aufsassende auf dem Rücken liegend und mit dem Kopf voran in die Schutzeinrichtung. Sein Geschwindigkeitsvektor bildet dabei mit der Tangente der Barriere einen Winkel von etwa 30 Grad. Die Longitudinalachse des Körpers ist entweder parallel zur Schutzeinrichtung orientiert oder bildet, wie der Geschwindigkeitsvektor, einen Winkel von 30 Grad mit der Tangente.

Die bei solchen Aufprallkonstellationen von zu erwartenden Verletzungen betroffenen Körperteile am menschlichen Körper sind in erster Linie der Kopf, die Halswirbelsäule, die obere Extremität (inklusive Schultergürtel) und der Thorax. Die im Folgenden dargestellten Simulationen von Verletzungsmechanismen tragen diesem Umstand Rechnung.

Methoden

Das im Rahmen der europäischen Forschungsprojekte HUMOS (Human Model for Safety) und HUMOS2 entwickelte numerische Menschmodell wurde für die Untersuchungen eingesetzt. Es handelt sich dabei um ein Finite-Elemente-Modell für die Crash-Simulation. In den beiden Forschungsprojek-

ten wurde das Modell in den Versionen einer 5-Prozent-Frau, eines 50-Prozent-Mannes und eines 95-Prozent-Mannes erstellt. In der vorliegenden Arbeit wurde davon ausschließlich das HUMOS2-Modell des 50-Prozent-Mannes verwendet. Das numerische Modell besteht aus circa 84.000 Elementen und 60.000 Knoten. Etwa 560 verschiedene Materialbeschreibungen und über 170 Kontaktdefinitionen sind im Modell enthalten. Die Materialbeschreibungen sind hauptsächlich auf experimenteller Basis erstellt worden. Die Geometrie des Modells entstammt einem post mortem gefrorenen und scheibenweise gescannten menschlichen Körper.

Das Modell ist umfangreich validiert worden, hauptsächlich in für Kraftfahrzeuginsassen typischen Belastungskonstellationen, so zum Beispiel durch von Merten et al [08/] für Thoraxbelastungen beim seitlichen Aufprall. Aus der Validierung mit Impaktrichtungen in mehreren Körperachsen lässt sich in der Theorie eine gewisse Anwendbarkeit des Modells für andere Belastungskonstellationen ableiten. Für die Überprüfung der Anwendbarkeit wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit drei verschiedene Konstellationen gewählt. Dabei wurden Belastungen der oberen Extremität, der Halswirbelsäule und des Thorax-/Schulterbereichs simuliert. Auf eine Untersuchung zur potenziellen Verletzung des Kopfes als vierter oben genannter Körperregion wurde zunächst verzichtet, weil sich das numerische Modell des verwendeten Helmes noch im Stadium der Validierung befindet.

Zur Untersuchung der Belastung der oberen Extremität dienten die Grundlagenuntersuchungen von Schmidt et al [09/] zum Anprall von Zweiradaufsassenden gegen Schutzplanken. In jenen Untersuchungen wurden Post-Mortem-Test-Objekte (PMTO) mit einer Geschwindigkeit von etwa 32 km/h auf die Pfosten von Schutzplanken projiziert. Dabei traf die leicht abgespreizte rechte obere Extremität den Pfosten, der entweder als so genannter Sigma-Pfosten oder als IPE-100-Pfosten mit und ohne Schaumstoffummantelung ausgeführt war. Aus den verschiedenen Konstellationen der Experimente wurde für die Simulation jene mit dem Anprall gegen einen Sigma-Pfosten gewählt. Diese Art des Pfostens stellt die Konstellation mit den wenigsten numerischen Komplikationen und Verfälschungen dar, weil sie weder durch eine extrem scharfkantige Kontaktoberfläche noch durch schwer zu bestimmende Materialparameter eines Schaumstoffes gekennzeichnet ist. Das PMTO entsprach von der Körpergröße dem 50-Prozent-Mann, hatte aber eine um etwa 10 kg höhere Masse. Abbildung 1 zeigt die Aufprallsituation.

Der Pfosten wurde in der Simulation als nicht deformierbarer Körper abgebildet. Damit werden Störeinflüsse durch ungeklärte Randbedingungen des Pfostens unterdrückt. Es wird angenommen, dass der Pfosten sich beim Anprall nicht bewegt und dass die Strukturen der menschlichen oberen Extremität einen um ein Vielfaches niedrigeren Elastizitätsmodul besitzen als der Werkstoff Stahl.

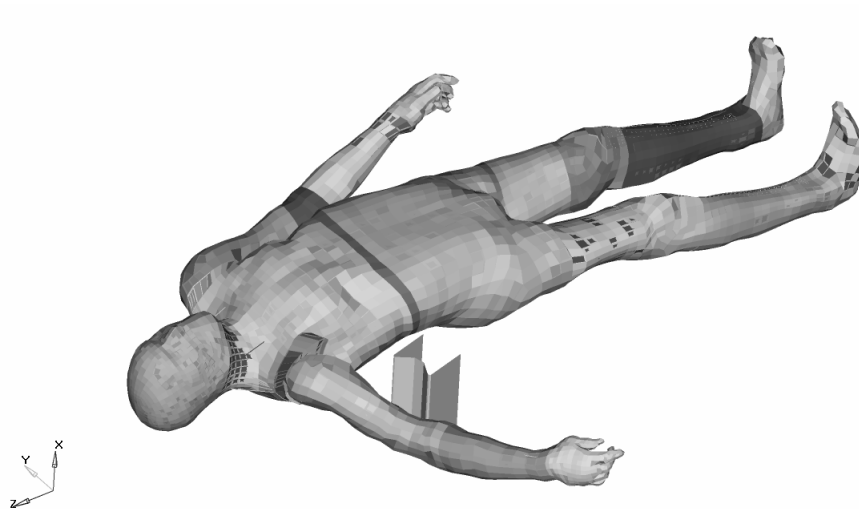


Abbildung 1: Aufprall obere Extremität auf Sigma-Pfosten

Eine Belastung der Halswirbelsäule (HWS) wurde unter Verwendung einer Unfallrekonstruktion von Schüler et al [10/] simuliert. In dem beschriebenen Unfall (Nummer 8) hatte sich ein Motorradfahrer nach Trennung vom Fahrzeug durch seitlichen Kopfanprall an einen IPE-100-Pfosten eine tödliche Biege-Scher-Fraktur der HWS zugezogen. Der Geschwindigkeitsvektor war entsprechend der Rekonstruktion fast parallel zur Schutzplanke ausgerichtet (in einem Winkel von 5 Grad), so dass der Helm fast senkrecht auf mindestens eine der scharfen Kanten des Pfostens aufschlagen musste. Abbildung 2 zeigt eine simulierte Anprallkonstellation. Dabei war der Körper so orientiert, dass der Geschwindigkeitsvektor parallel zur Transversalachse (Querachse) lag.

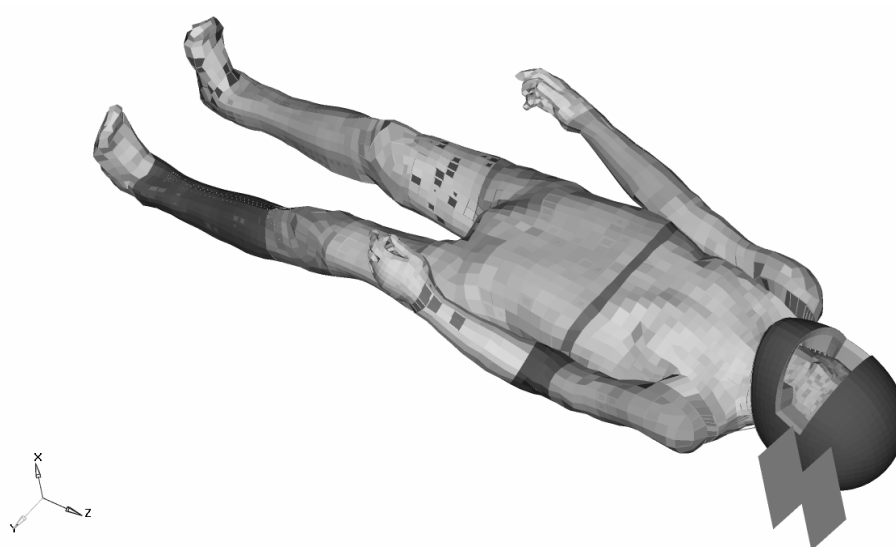


Abbildung 2: Aufprall auf IPE-100-Pfosten entlang der Transversalachse

Abbildung 3 zeigt eine weitere simulierte Konstellation, bei der der Geschwindigkeitsvektor um 20 Grad zur Transversalachse geneigt war, so dass eine zusätzliche stauchende Komponente auf die HWS wirkte. In beiden Fällen betrug die simulierte Aufprallgeschwindigkeit 30 km/h, was der Mitte des in der Rekonstruktion angegebenen Intervalls entspricht. Der Pfosten wurde wie bereits für die Simulation oben beschrieben als nicht deformierbar und unbeweglich abgebildet.

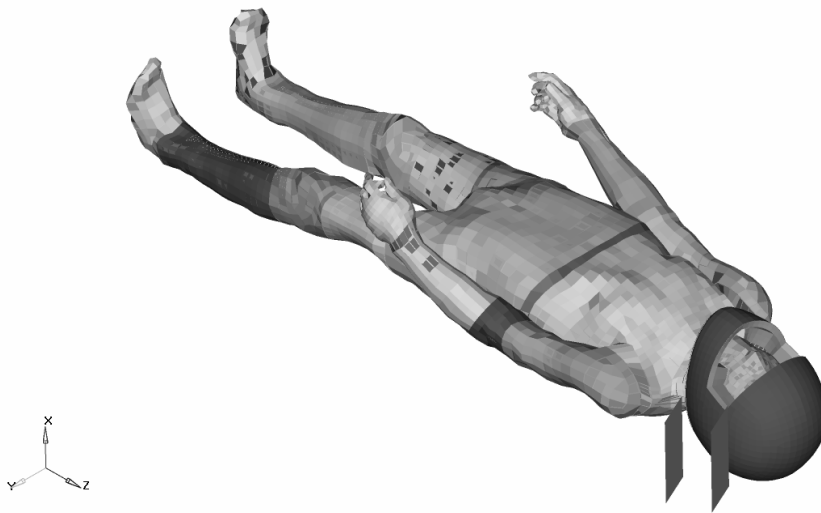


Abbildung 3: Aufprall auf IPE-100-Pfosten unter 20 Grad Neigung zur Transversalachse

Auch zur Simulation einer Belastung des Thorax/Schulter-Komplexes wurde eine Rekonstruktion (Nummer 4) von Schüler et al [10/] als Ausgangssituation verwendet. Hierbei war ein Aufsasse nach Trennung vom Motorrad mit einer Schutzplanke kollidiert. Da die Schutzplanke im Bereich der Absenkung getroffen wurde, konnte ein Durchrutschen des Aufsassen ausgeschlossen und in liegender Position ein direkter Kontakt mit dem Plankenholm angenommen werden. In der Simulation wurde das Durchrutschen durch die Abbildung des Untergrundes mittels einer nicht deformierbaren Ebene verhindert. Da so ein direkter Kontakt mit den Pfosten nicht auftreten konnte, wurden diese nicht modelliert. Stattdessen wurden ihre Anbindungsstellen an den Holm als ortsfest abgebildet.

Im betrachteten Unfall hatte sich der Motorradaufsasse - neben einer für diese Untersuchungen nicht betrachteten Schädelbasisfraktur – eine rechtsseitige Rippenserienfraktur (3. bis 8. Rippe), Frakturen des rechten Schlüsselbeins und Schulterblattes sowie eine Fraktur des Steißbeins und des linken Oberschenkelknochens zugezogen. Außerdem hatte der Aufsasse innere Verletzungen wie Pneumoperikar-

dium, Pneumothorax und einen Lebereinriss erlitten. Die Verletzungen konzentrierten sich hauptsächlich auf die rechte Seite des Thorax und Schultergürtels.

Aufgrund des in der Rekonstruktion beschriebenen relativ komplexen Unfallherganges kommen grundsätzlich verschiedene Objekte und Oberflächen als Verletzungen verursachend in Frage. Mit Hilfe des numerischen Menschmodells wurde simuliert, wie diese Thorax-/Schulter-Verletzungen beim Anprall an die Schutzplanke entstanden sein können. Abbildung 4 zeigt eine simulierte Aufprallkonstellation. Der Winkel zwischen der Tangente der Schutzplanke und dem Geschwindigkeitsvektor betrug dabei 45 Grad (entsprechend dem in der Rekonstruktion angegebenen Intervall), so dass der Aufsatze schräg in die Leitplanke rutschte und an ihr abgleiten konnte. Dies wurde zweifach simuliert – einmal mit Abgleiten in Richtung der Füße und einmal in Richtung des Kopfes. Die beiden Varianten hatten also einen um 90 Grad zueinander gedrehten Geschwindigkeitsvektor.

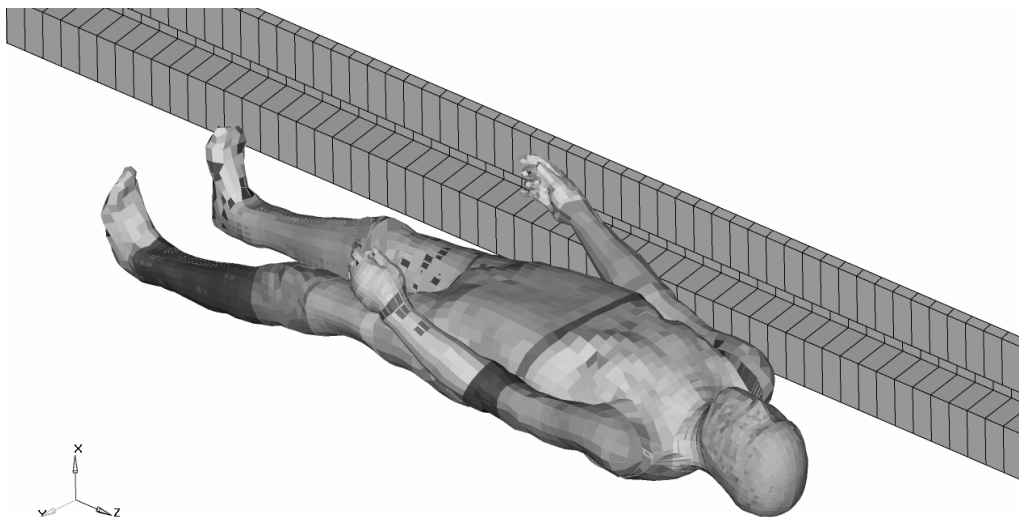


Abbildung 4: Anprall an Holm in ausgestreckter Position

Eine weitere simulierte Variante ist in Abbildung 5 dargestellt. Sie gleicht der ersten Variante von Abbildung 4 (Abgleiten in Richtung der Füße), unterscheidet sich jedoch in der Positionierung des Menschmodells, die hier eine Haltung mit angezogenen Gliedmaßen repräsentiert. Dadurch sollte der Einfluss der Lage des Oberarmknochens relativ zum Thorax beim Anprall untersucht werden.

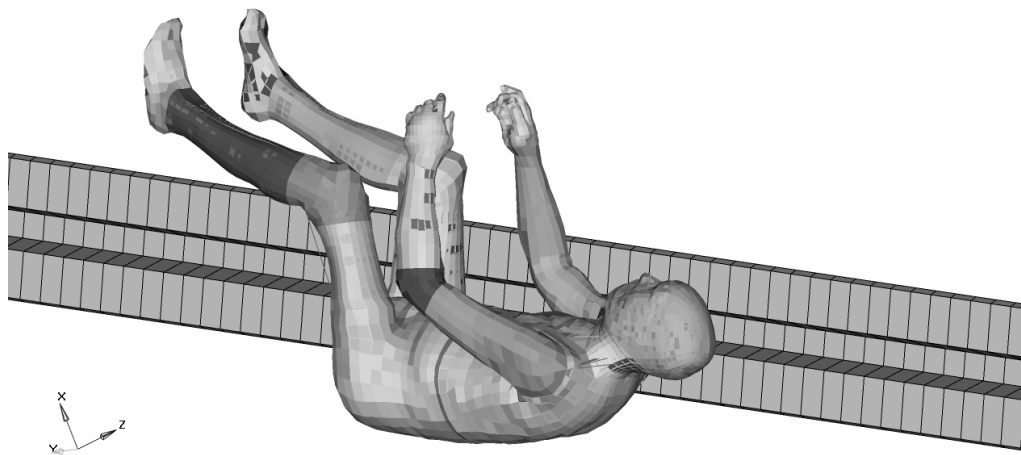


Abbildung 5: Anprall an Holm mit angewinkelten Gliedmaßen

Die simulierte Aufprallgeschwindigkeit betrug für diesen Unfall 27,5 km/h entsprechend der Mitte des Intervalls aus der Rekonstruktion. Die Schutzplanke wurde in der Simulation an ihrer weichsten Stelle in der Mitte zwischen zwei Pfostenanbindungen getroffen.

Für diese Unfallsimulationen wurde das HUMOS2-Modell im Gegensatz zu den oben beschriebenen Fällen nicht mit seinen originalen, validierten Materialbeschreibungen verwendet. Die Materialparameter für die Rippen wurden derart modifiziert, dass kein Versagen des Materials auftreten konnte. Die Belastungsanalyse und potenzielle Verletzung der Rippen erfolgte durch qualitative Auswertung der aufgetretenen maximalen Hauptdehnungen.

Ergebnisse

Obere Extremität

Abbildung 6 zeigt die Belastung in Form der maximalen Hauptdehnungen des Oberarmknochens direkt beim Aufprall auf den Pfosten. Die lokale Konzentration führte zum Versagen des Materials. Abbildung 7 zeigt den Zustand des Knochens am Ende der Simulation und den Abstand zum Humeruskopf mit 194,4 mm.

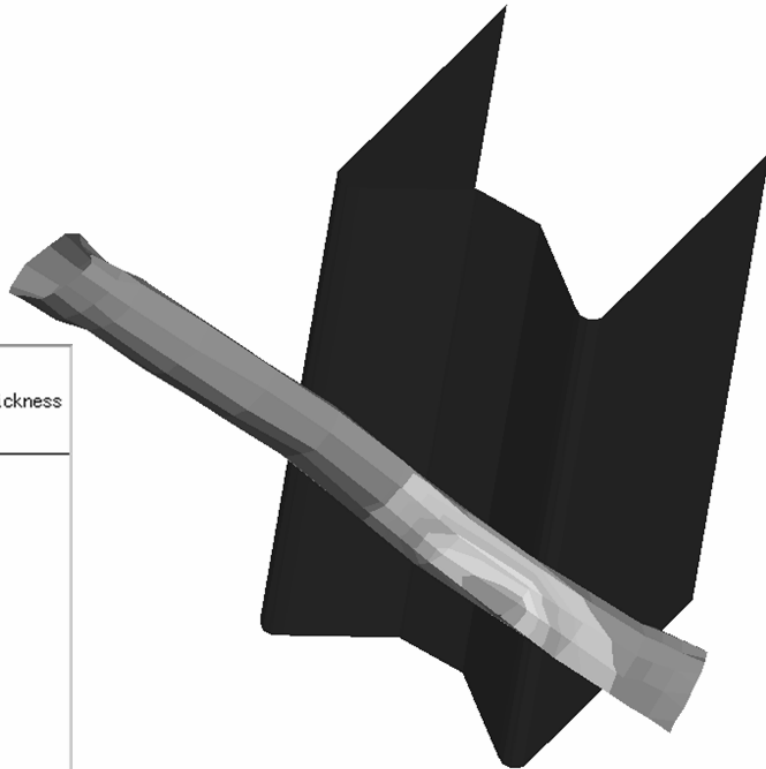
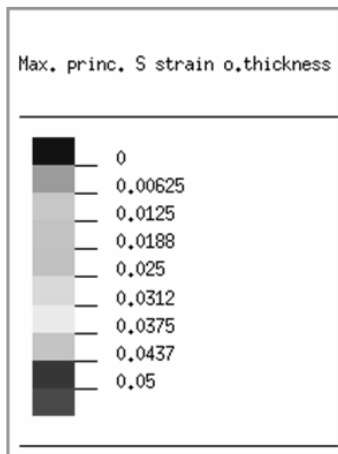


Abbildung 6: Maximale Hauptdehnungen im Oberarmknochen beim Aufprall auf Sigma-Pfosten



Abbildung 7: Zustand Oberarmknochen nach dem Aufprall

Halswirbelsäule

Abbildung 8 zeigt das Menschmodell 18 Millisekunden nach dem Erstkontakt zum IPE-100-Pfosten in der Konstellation mit dem Geschwindigkeitsvektor in Richtung der Transversalachse. Abbildung 9 zeigt dies entsprechend für 30 Millisekunden. Die Abbildungen 10 und 11 geben in der gleichen Reihenfolge die Ergebnisse für die Konstellation mit geneigtem Geschwindigkeitsvektor wieder.

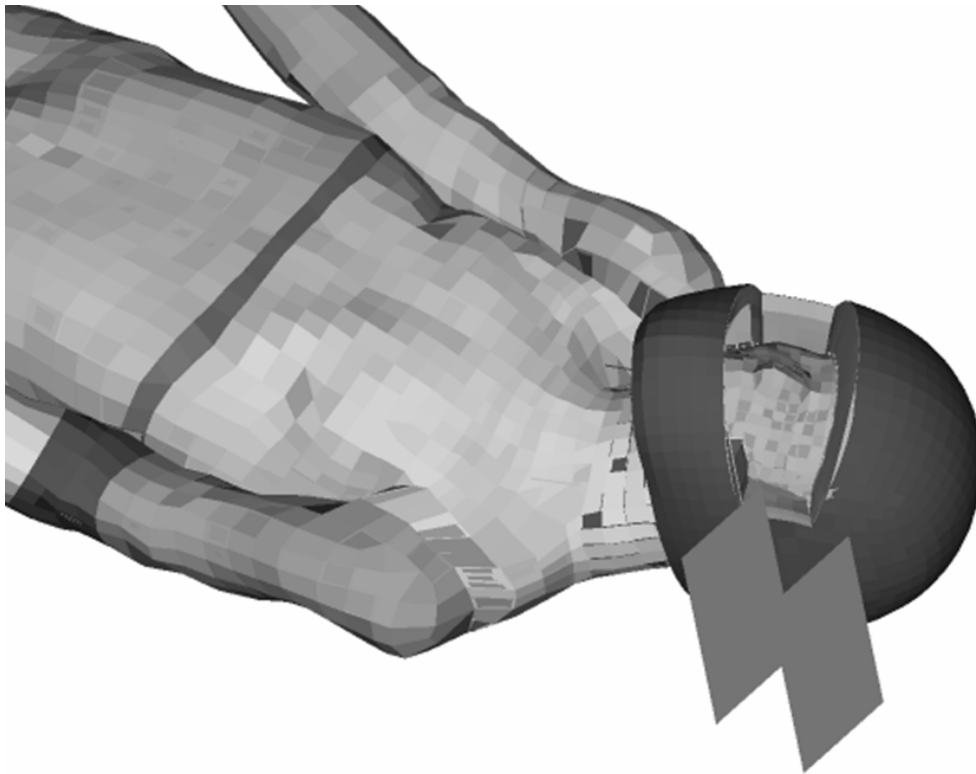


Abbildung 8: Konstellation parallel zur Transversalachse – 18 ms

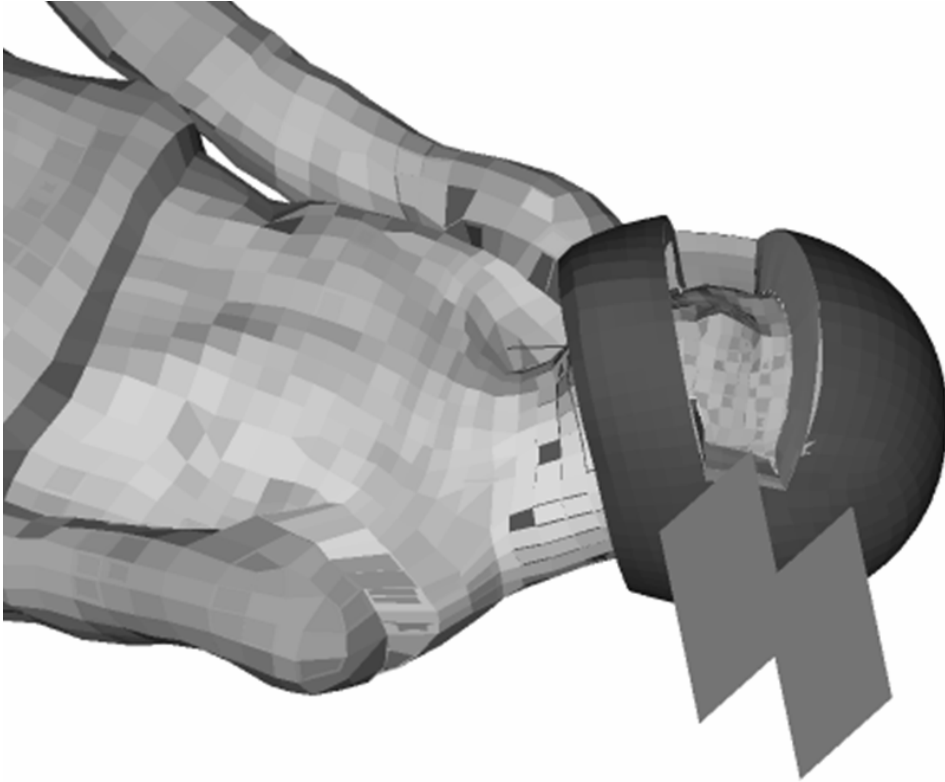


Abbildung 9: Konstellation parallel zur Transversalachse – 30 ms

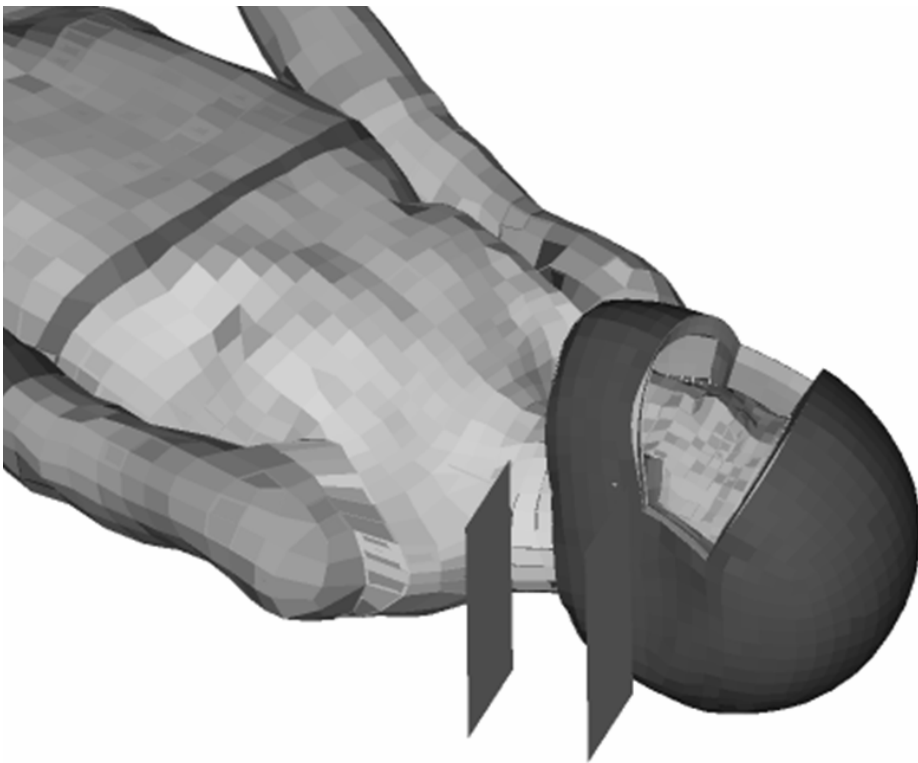


Abbildung 10: Konstellation geneigt zur Transversalachse – 18 ms



Abbildung 11: Konstellation geneigt zur Transversalachse – 30 ms

Abbildung 12 zeigt für die Konstellation mit geneigtem Geschwindigkeitsvektor die sieben Halswirbel von dorsal zu Beginn der Simulation, nach 18 und nach 30 ms (von links nach rechts). In der Darstellung nach 18 ms (Mitte) sind der Anschaulichkeit halber die Dornfortsätze, die zu Beginn eine Gerade in der Frontalebene bilden, durch eine dicke schwarze Linie verbunden. Die laterale Dislokation beginnt zwischen dem ersten Halswirbel (Atlas) und zweiten (Axis), setzt sich nach unten fort und erreicht ihr Maximum zwischen dem 6. und 7. Halswirbel mit 7,5 mm, gemessen entlang der Transversalachse. Zwischen Atlas und dem Dens axis wirkt eine maximale Kraft von 2,1 kN.

Abbildung 13 zeigt analog die Ergebnisse für die Konstellation mit dem Geschwindigkeitsvektor parallel zur Transversalachse. Die maximale Dislokation zwischen dem 6. und 7. Halswirbel beträgt 8,4 mm. Die maximale Kraft zwischen Atlas und Dens axis beträgt 2,2 kN.

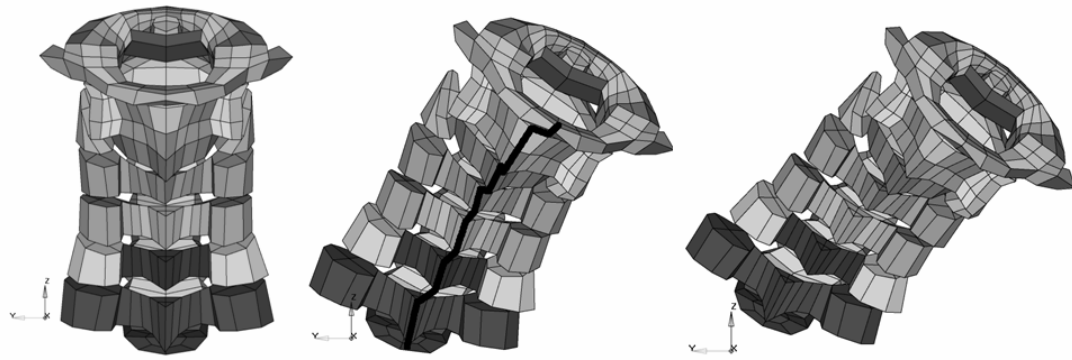


Abbildung 12: Konstellation geneigt zur Transversalachse – HWS bei 0 / 18 / 30 ms

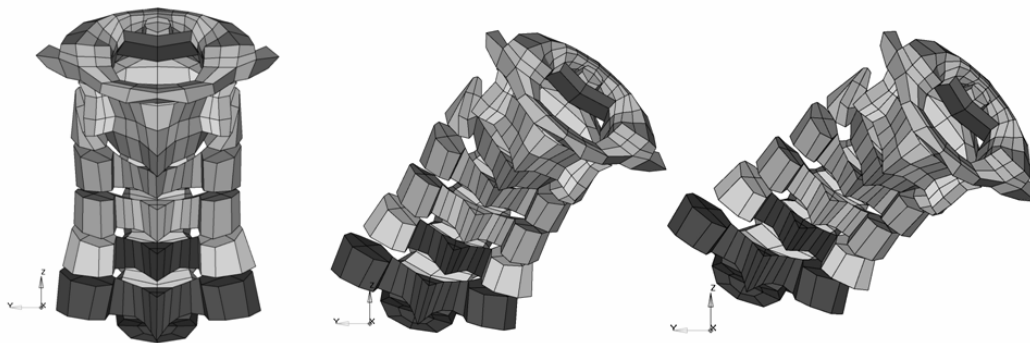


Abbildung 13: Konstellation parallel zur Transversalachse – HWS bei 0 / 18 / 30 ms

Thorax/Schulter

Der Anprall des Menschmodells an den Schutzplankenholm ist in Abbildung 14 dargestellt. Hier wird die Simulation mit dem Abgleiten in Richtung des Kopfes 30 ms nach dem Erstkontakt dargestellt. Abbildung 15 zeigt lokal aufgelöst die maximal erreichten Hauptdehnungen in den rechten Rippen (Brustkorb-Innenseite) und im Schlüsselbein für die drei Simulationen. Dabei handelt es sich um die Maxima über die Zeit. Oben links ist das Ergebnis der Simulation mit Abgleiten in Richtung des Kopfes dargestellt, oben rechts für das Abgleiten in Richtung Füße und unten links für die Position mit angewinkelten Gliedmaßen. Die höchsten Dehnungen treten im Bereich der vorderen Axillarlinie auf. Für die Konstellation mit den Füßen voran sind die Werte für die Rippen 5 bis 9 am höchsten. Etwas niedrigere Werte werden für die Konstellation mit dem Kopf voran erreicht. Die Verteilung ist hier etwas gleichmäßiger über alle Rippen. Für die Konstellation mit angewinkelten Gliedmaßen können kaum lokal deutlich abgegrenzte Maxima festgestellt werden, die Werte für das Schlüsselbein sind hier allerdings am höchsten.

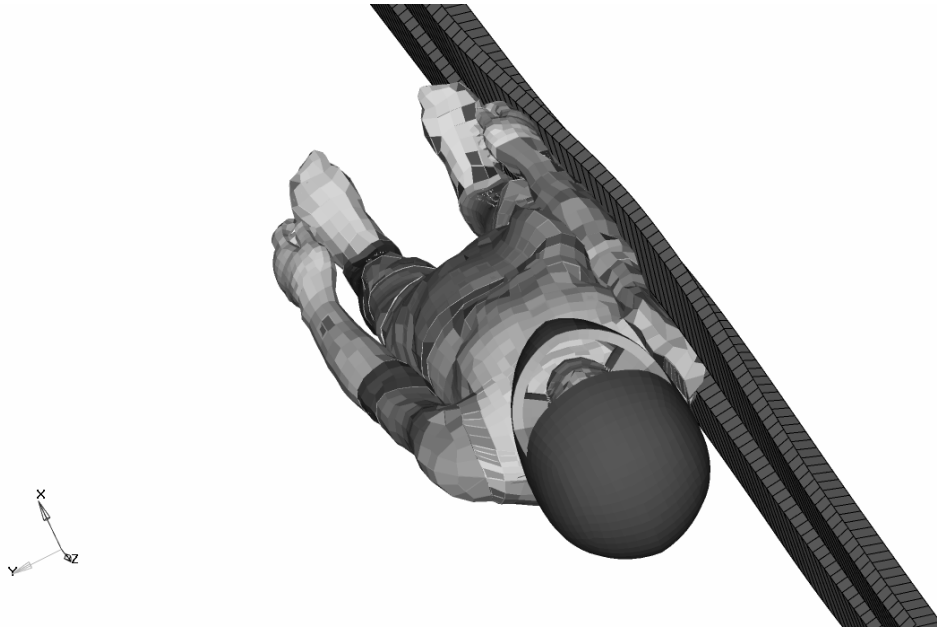


Abbildung 14: Anprall an Schutzplankenholm

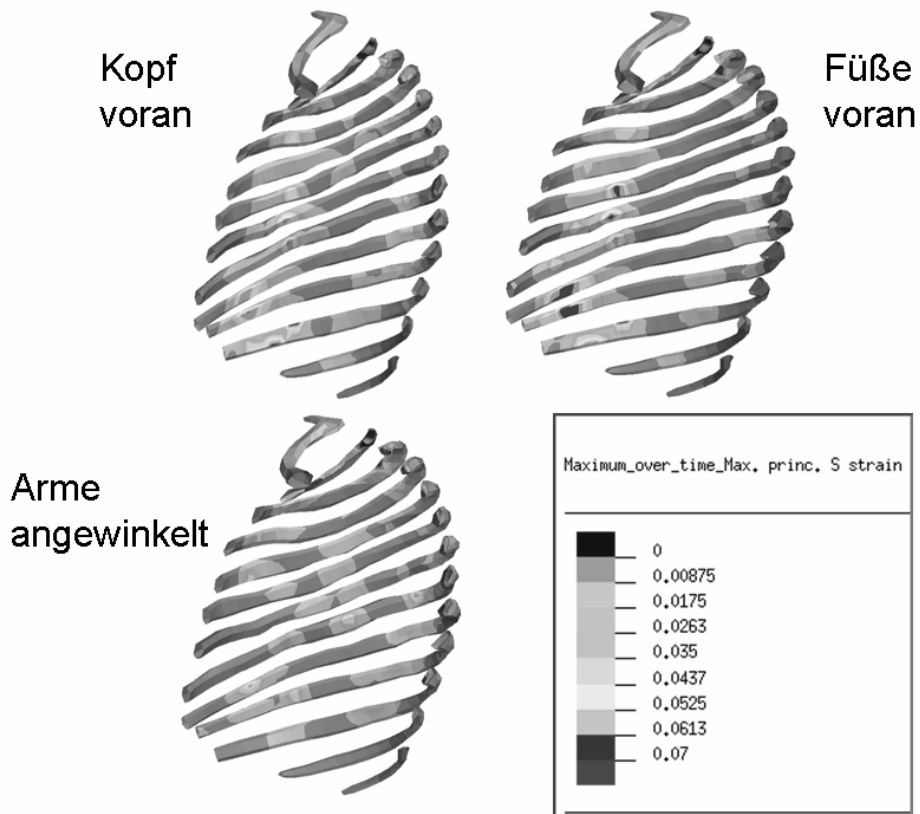


Abbildung 15: Maxima der Hauptdehnung für rechte Rippen/Schlüsselbein (gesamte Simulation)

Diskussion

Das Materialversagen im Oberarmknochen nach Aufprall auf den Sigma-Pfosten entspricht dem im PMTO-Versuch beobachteten Querbruch. Der Bruch wurde im Versuch mit einem Abstand von 20 cm zum Schultergelenk angegeben, was in guter Übereinstimmung mit den in der Simulation gemessenen 194,4 mm ist. Die relativ isolierte Belastung des Oberarmknochens kann mit dem HUMOS2-Modell gut abgebildet werden.

Beide für die Belastung der Halswirbelsäule simulierten Konstellationen lassen qualitativ den Verletzungsmechanismus der Biege-/Scherfraktur erkennen. Die Konstellation mit geneigtem Geschwindigkeitsvektor hätte dabei allerdings noch weitere Verletzungen im Hals-/Nackebereich hervorrufen müssen, wie aus Abbildung 11 entnommen werden kann. Diese Konstellation ist deshalb als wenig wahrscheinlich für den Unfallhergang anzusehen.

Die zwischen Atlas und Dens axis auftretenden Kräfte von über 2 kN lassen den Schluss zu, dass neben großen Dislokationen der unteren Halswirbel grundsätzlich die Gefahr einer Fraktur des Dens axis besteht. Allerdings erlaubt die Abbildung dieser Wirbelkörper im HUMOS2-Modell mittels Starrkörper keine quantitative Auswertung dieser Kräfte. Sie sind grundsätzlich im Vergleich zur Realität als zu hoch anzusehen. Ein Verletzungskriterium kann aufgrund der Modellierung der Wirbelsäule und des Fehlens des Rückenmarks nicht angewendet werden.

Zum generellen Verhalten der Wirbelsäule des HUMOS2-Modells stellten Muggenthaler et al [11/] fest, dass sie zumindest im Bereich niedriger Belastungsgeschwindigkeiten zu steif ist. Dies würde darauf hindeuten, dass die wirklichen Deformationen an der Wirbelsäule größer sind als hier dargestellt.

Die Belastung des Thorax-/Schulterbereichs aus dem rekonstruierten Unfall konnte zwar grundsätzlich abgebildet werden, es bleiben aber aufgrund der Komplexität des Unfalls viele Unsicherheiten bei der Verletzungsverursachung. Die hier gezeigten Simulationen stellen nur einige der möglichen Positionen, Körperorientierungen und vor allem Kontaktpartner dar, die für die Verletzungsentstehung denkbar sind.

Eine Rippenserienfraktur erscheint nach den Simulationsergebnissen am wahrscheinlichsten für die Konstellation mit den Füßen voran. Unwahrscheinlich erscheint eine Konstellation mit angewinkelten Armen, wo der Oberarmknochen nicht lateral in den Brustkorb gedrückt wird.

Die Modellierung von Schlüsselbein (kein Materialversagensmodell) und Schulterblatt (nicht deformierbar) begrenzen momentan die Möglichkeiten der Verletzungssimulation. So ist der Mechanismus der lateralen Lasteinleitung in den Brustkorb nach Bruch des Schlüsselbeins nicht darstellbar.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Mit der numerischen Simulation des Körperanpralls an Schutzplanken können Verletzungsmechanismen abgebildet werden. Um Belastungen – wie im betrachteten Unfall mit Anprall am Plankenholm – noch besser abbilden zu können, muss die Modellierung von Schlüsselbein und Schulterblatt verbessert werden. Vor allem das Schlüsselbein muss mit einer Beschreibung des Materialversagens versehen werden. Eine zukünftige Analyse von Kopfverletzungen setzt die Validierung des Helmmodells voraus.

Die Einsatzmöglichkeiten der beschriebenen Methode werden jedoch nicht nur durch die Modellgüte begrenzt, sondern auch durch die Simulations-Eingangsdaten (schwierig zu rekonstruierende Unfälle gegenüber gut dokumentiertem Experiment).

Die verfügbaren Grundlagenuntersuchungen zu Anpralltests an Straßenschutzeinrichtungen werden durch die Anwendung der hier beschriebenen Methodik erweitert. So kann diese Methode genutzt werden, um für die eingangs beschriebene repräsentative Aufprallsituation das Verhalten von Dummies zu analysieren und die Entwicklung biomechanisch valider Tests zu unterstützen.

Danksagung

Die vorliegende Studie wurde mit freundlicher Unterstützung der ESI Group, welche die PAMCrash-Simulationsmodelle zur Verfügung stellte, angefertigt.

Literatur

- (1) Bundesanstalt für Straßenwesen BASt (1993), Technische Lieferbedingungen für Schutzplankenpostenummantelungen.
- (2) Bouquet R., Ramet M., Dejammes M. (1998), Protocole d'essais de dispositifs de retenue assurant la sécurité des motocyclistes. Report LBSU N°9807 for LIER/INRETS.
- (3) Bürkle H., Berg F. A. (2000), Anprallversuche mit Motorrädern an passiven Schutzeinrichtungen. Report für Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) FE 03.318/1998/FRB, Stuttgart.
- (4) CIDAUT Fundación para la Investigación y Desarrollo en Automoción (2005), UNE 135900-1 report. Final report for the assessment of motorcyclists' protection systems performance situated in safety roadside barriers and pretils.
- (5) Sala G., Astori P. (1998), New Concepts and Materials for Passive Safety of Motorcyclists. Proceedings of the International IRCOBI Conference on the Biokinetics of Impact.
- (6) Berg F. A., Rücker P., Gärtner M., Koenig J., Grzebieta R., Zou R. (2005), Motorcycle Impacts into Roadside Barriers – Real-World Accident Studies, Crash Tests and Simulations Carried out in Germany and Australia. Proceedings of the 19th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles.
- (7) Peldschus, S., (2005), APROSYS SP4.1: Report on accident scenarios for motorcycle-motorcyclist-infrastructure interaction. State-of-the-art. Future research guidelines. Deliverable 4.1.3. AP-SP41-0003
- (8) Merten, K. von , Muggenthaler, H, Schoenpflug, M (2005), Biomechanical Research on Human Models for Crash Simulation. 15th EUROPAM European conference and exhibition on digital simulation for virtual engineering.
- (9) Schmidt G., Schüler F., Mattern R. (1985), Biomechanische Versuche hinsichtlich des passiven Unfallschutzes von Aufsassen motorisierter Zweiradfahrzeuge beim Anprall gegen Schutzplankenposten. Project report for SPIG-Schutzplanken-Produktions-Gesellschaft mbH & Co. KG.
- (10) Schüler F., Bayer B., Mattern R., Helbling M. (1984), Der Körperanprall gegen Schutzplanken beim Verkehrsunfall motorisierter Zweiradbenutzer. Institut für Zweiradsicherheit, Bochum
- (11) Muggenthaler, H., Praxl, N., Adamec, J., von Merten, K., Schönplflug, M., Graw, M., Schneider, K., (2006), The effects of muscle activity on human kinematics and muscle response characteristics – Volunteer tests for the validation of active human models. Proceedings of the Digital Human Modelling for Design and Engineering Conference.

**Entwicklung eines pannensicheren,
schlauchlosen Motorradreifens**

**Development of Puncture-Resistance
Tubeless Tire for Motorcycles**

**Développement d'un pneu moto sans chambre
à air résistant aux crevaisons**

Tomoyuki Harada, Hirohisa Takahashi, Akiko Tanaka
Honda R&D Co., Ltd. Motorcycle R&D Centre, Japan

Kurzfassung

Ein pannensicherer, schlauchloser Reifen ist nach den gleichen Prinzipien wie der selbst heilende, doppelwandige Innenschlauch entwickelt worden. Der schlauchlose Reifen beinhaltet eine Doppelkammerstruktur. Die neuartigen Doppelkammerreifen wurden bei hohen und niedrigen Temperaturen auf Pannensicherheit getestet und die Grenze der größtmöglichen Beschädigung ermittelt.

Dauertests mit Reifen, die bewusst mit einem Einstich versehen wurden, brachten positive Ergebnisse. Im Hochtemperaturtest zeigte sich, dass der Reifen einen Luftverlust selbst nach dem Einstoßen eines Stifts von 9mm Durchmesser verhindert. Zusätzlich wurde in Dauertests erwiesen, dass der Reifen trotz Stichbeschädigung eine Laufleistung bis zur Verschleißgrenze von 20.000 Kilometern erreichen kann.

Abstract

A puncture-resistance tubeless tire has been developed using the same principles as the puncture-resistance double-chamber inner tube. The inside of the newly developed tubeless tire is a double-chamber structure. The new double-chamber tires were tested at high and low temperatures for puncture resistance and to determine a damage-size limit.

They were also endurance-tested with a hole deliberately created in the tire, and positive results were attained. The high-temperature test has proven that the tire prevents air leakage after piercing with a pin as large as 9 mm in diameter. In addition, the endurance running tests have proven that the tire with pierce damage is able to run up to the tire wear limit, 20.000 km.

Résumé

Un pneu sans chambre à air résistant aux crevaisons a été développé en utilisant le même principe que la chambre à air à double-chambre résistante aux crevaisons. L'intérieur du pneu sans chambre à air développé récemment possède une structure à double-chambre. Les nouveaux pneus à double-chambre ont été testés à températures hautes et basses pour déterminer leur niveau de résistance aux crevaisons et la taille limite de l'endommagement du pneu.

Il y a eu également des tests d'endurance réalisés sur un pneu dans lequel on avait délibérément fait un trou; des résultats positifs ont été atteints. Les tests à hautes températures ont montré que le pneu empêche la fuite d'air après perçage avec une goupille de 9 millimètres de diamètre. En outre, les tests d'endurance ont montré que le pneu endommagé par une perforation peut être utilisé jusqu'à la limite d'usure, soit 20.000 kilomètres.

**Development of Puncture-Resistance
Tubeless Tire for Motorcycles**

1. Introduction

Robert Thomson invented the pneumatic tire in 1845, but the first practical tire was not developed until 1888, by the Scottish veterinarian John Boyd Dunlop. Even after 120 years, pneumatic tires are still manufactured in large quantities. The merit of pneumatic tires is that they fulfill the four major functions of a tire, as follows:

- (1) Supporting the vehicle load
- (2) Transmitting driving force and braking force to the road surface
- (3) Reducing impact from the road surface
- (4) Providing optimum elasticity for changing and maintaining direction.

The history of the pneumatic tire is also a history of anti-puncture measures, but these measures had not resulted in an effective solution. Today's motorcycles present fewer mechanical malfunctions during operation, due to increases in their quality and durability. However, generally, motorcycles do not carry spare tires, and therefore cannot be operated until repaired if a puncture occurs. The development of a high puncture-resistance tire was desired. In 1996, Honda developed a puncture-resistance, sealant-filled double-chamber tube for motorcycle tires, and it has been marketed in Japan, India, Brazil and other countries.

2. Double-chamber Tire Tube

2.1 Structure of the Double-chamber Tire Tube

Figure 1 shows the structure of the double-chamber tube⁽¹⁾. The 180 degrees of the tube that faces the tread is double-chambered. That chamber is filled with an anti-puncture sealant. This sealant chamber and the air chamber are separate, and air pressure constantly presses against the sealant chamber. Because of this pressure, if the tube is punctured at any point by a nail or other object, sealant will be forced out of the puncture hole. Due to the contractile force of the rubber, fibrous materials in the sealant are trapped and plug the hole, preventing air leakage. Even if the motorcycle is left parked for a long time with the hole in the tire facing upwards, the sealant will maintain its grip around the hole and prevent air from leaking.

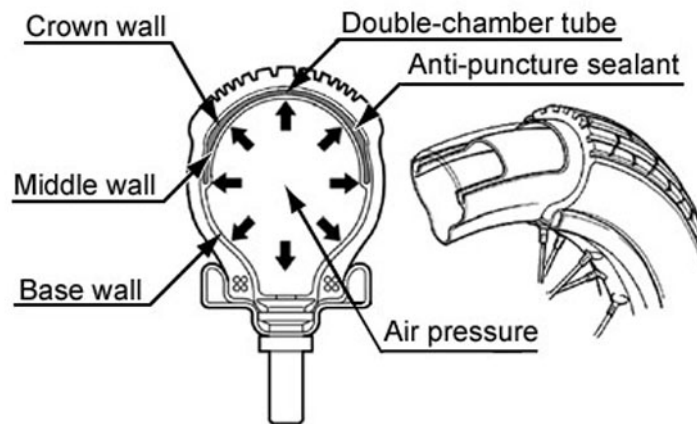


Fig. 1: Structure of double-chamber tube

2.2 Sealing Mechanism

The sealing mechanism of the double-chamber tube is shown in Fig. 2. When a nail or other sharp object pierces the tread, it normally punctures through the sealant chamber to the air chamber. As air leaks from the hole in the tire, fibrous components in the anti-puncture sealant are carried to the hole by the liquid component. These fibrous materials are squeezed by the contractile force of the rubber. Microscopic particles and liquid fill the spaces between the fibrous materials, and the hole is plugged. Different types of fibrous materials are used to ensure excellent performance in plugging large and small holes. The liquid will not leak into the tire as long as it is pressed on by the air pressure in the tire. Figure 3 shows an image of the sealant sealing an actual puncture, clearly showing the fibrous material squeezed between the rubber.

2.3 Effectiveness of Double-chamber Tire Tube

To verify the effectiveness of the double-chamber tube in actual use, comparisons were conducted of 98 motorcycles used in newspaper delivery. Motorcycles for newspaper delivery are usually used under heavy conditions such as frequently starting, accelerating, and braking during relatively short travel distances.

Figure 4 shows a comparison of results obtained when conventional tubes and double-chamber tubes were used for a period of four to six months each. The use of the double-chamber tubes resulted in a 90% reduction in punctures compared to the conventional tubes.

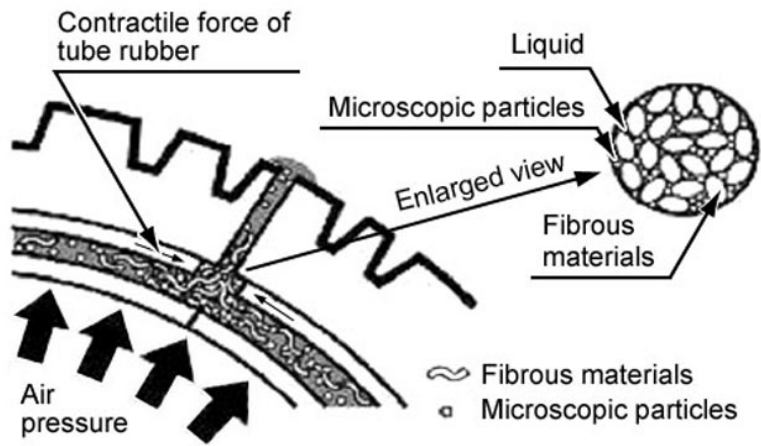


Fig. 2: Filling mechanism

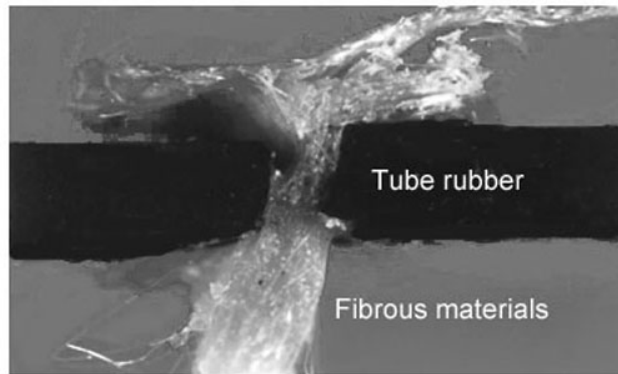


Fig. 3: Photo of filling situation

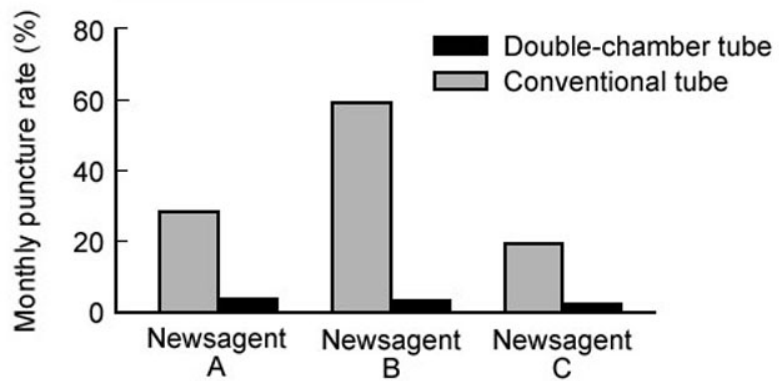


Fig. 4: Effectiveness of double-chamber tube

3. Overview of Double-chamber Tubeless Tire

The double-chamber anti-puncture technology was applied to a tubeless tire to develop a puncture-resistance double-chamber tire. Figure 5 shows the structure of the double-chamber tubeless tire (hereinafter referred to as “double-chamber tire”). A sealant chamber filled with anti-puncture sealant is formed on the tire inside against the tread. When the tire is fitted on the wheel, the sealant chamber and the air chamber are separate, and air pressure constantly acts on the sealant chamber. For this reason, no matter where a puncture penetrates the sealant chamber, air pressure will force the sealant out of the hole and prevent air from leaking.

Even if the motorcycle is parked with the hole facing upwards, the anti-puncture sealant will maintain a seal. The tire can also be deflated for inspection or repair, and no sealant will come out from an air-valve. Figure 6 shows a schematic diagram of technologies for dealing with punctures^{(2), (3)}, including the double-chamber tire. In preventing the leakage of air even when the tire is punctured, this technology differs significantly from conventional technologies that respond to punctures after the air has escaped.

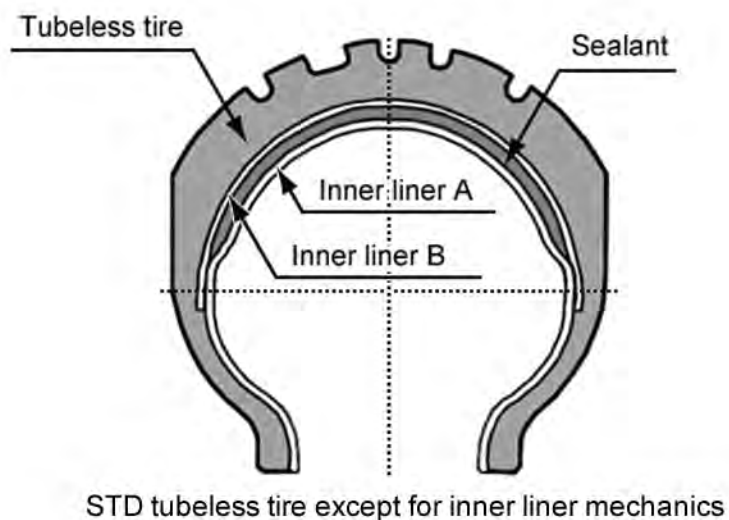


Fig. 5: Double-chamber tire

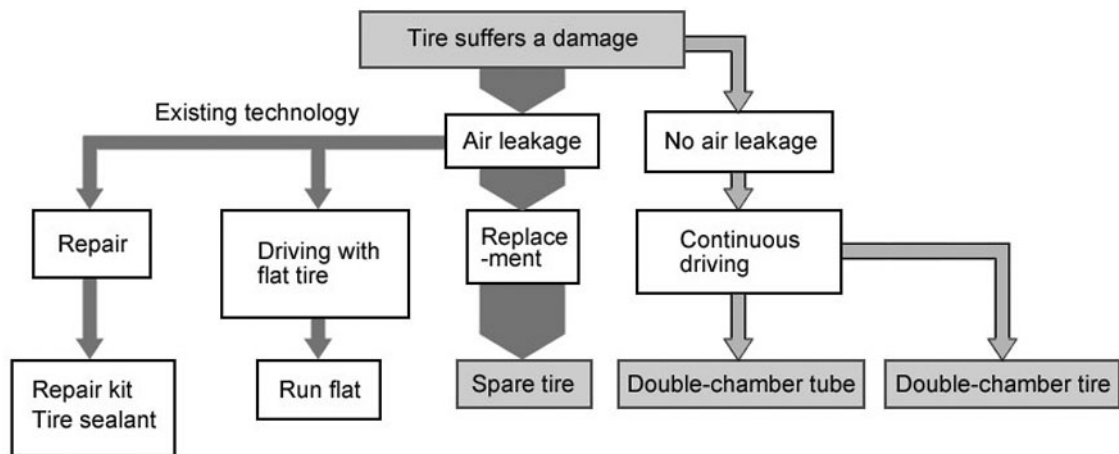


Fig. 6: Schematic diagram of technology dealing with puncture

4. Development of Double-chamber Tubeless Tire

4.1. Development Goals

To achieve an equivalent level of performance to that of double chamber tubes, the following were set as development goals.

- (1) Ability to be manufactured without major changes in the conventional tire manufacturing process.
- (2) Ability to continue use for the standard life of the tire even when punctured by a nail.
- (3) Equivalent handling and stability to that of a normal tire.
- (4) Interchangeability with conventional wheels.

4.2. Development of Production Technology

4.2.1. Production process

To determine a method of forming the sealant chamber in the conventional tire manufacturing process^{(4), (5)} was an issue. Figure 7 shows the production process. The forming stage for bias tires normally involves wrapping the various sheets from which the tire will be composed of around a drum and forming them into circular shapes. First, an air impermeable butyl rubber sheet known as the inner liner is wound around the drum. This is followed by the tire carcass,

formed from crossed plies of woven materials sandwiched between layers of rubber. Finally, the tread rubber, which will form the area that will contact the ground, is wound around the drum. These untreated rubber tubes are subjected to heat and pressure in the vulcanizing process to form them into a tire. The tread pattern on the surface of the tire is formed by the application of pressure during the vulcanization process.

The sealant chamber of the double-chamber tire was manufactured using a rubber sheet; the rubber material forming the sealant chamber can be peeled away after forming the sealant chamber. This concept of peeling away a layer after formation is the same for the double-chamber tube. The expansion rate of the tube in the vulcanization process is less than 10%. Talcum powder is used to eliminate an adhesion between the rubber sheets and allows the peeling of the rubber sheet.

However, as shown in Fig. 8, the expansion rate of the tire in the vulcanization process is around 150%. When using talcum powder, the rubber in the area without the powder adheres because the powder cannot cover the entire surface of the rubber sheet on a stretched tire. Therefore, requirements of peeling are as follows:

- (1) To expand to the same extent as the rubber, in order to enable peeling after formation.
- (2) To have no effect on puncture-resistance performance.

Various materials were tested as the peeling sheet, as shown in Table 1. As a result, Film D satisfied two requirements, cost and durability. Forming the double-chamber tire was enabled by the selection of this material.

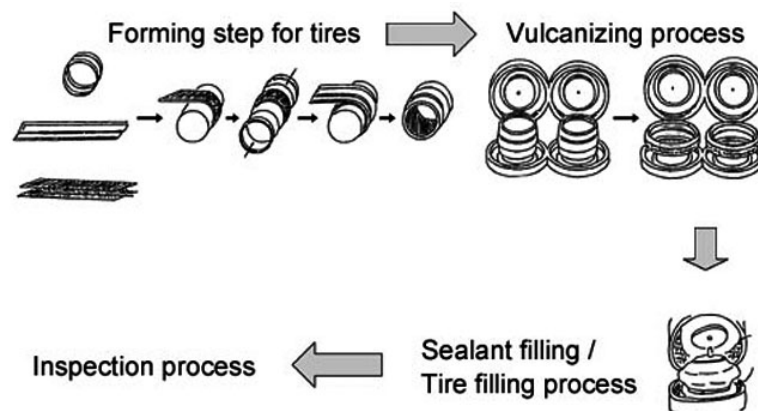


Fig. 7: Manufacturing process for developed double-chamber tubeless tire

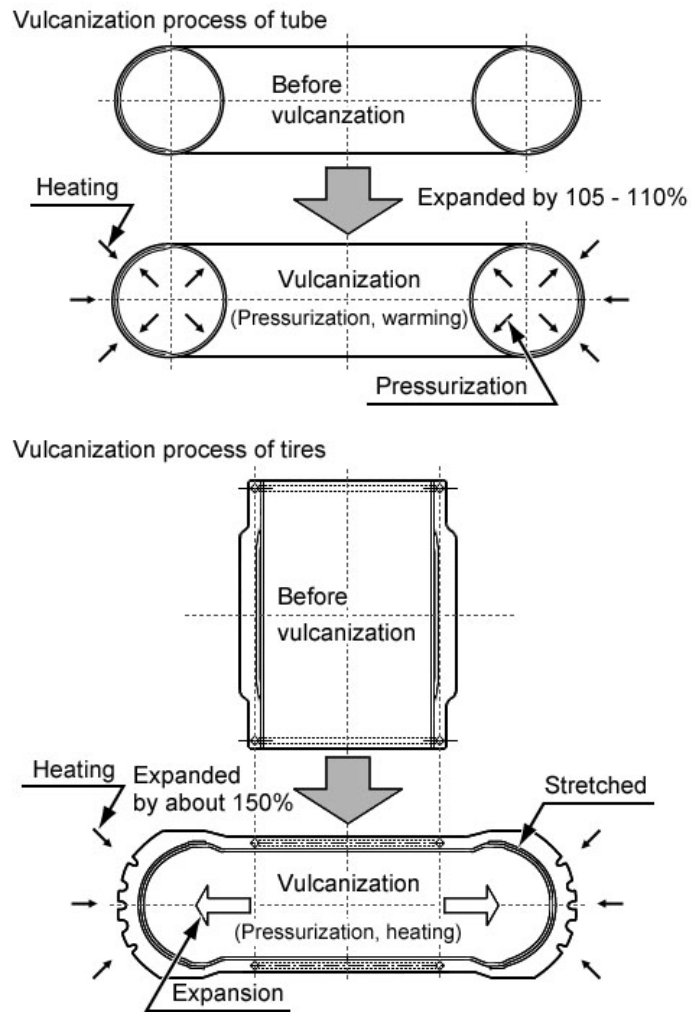


Fig. 8: Vulcanizing process for developed double-chamber tubeless tire

Table 1: Consideration of release agent

Test samples	Formability of sealant chamber	Initial anti-puncture performance	Anti-puncture performance after durability test
Talcum	Insufficient	Insufficient	—
Sheet A	Insufficient	Insufficient	—
Tape A	Sufficient	Insufficient	Insufficient
Film A	Sufficient	Insufficient	Insufficient
Film B	Sufficient	Insufficient	Insufficient
Film C	Sufficient	Sufficient	Insufficient
Film D	Sufficient	Sufficient	Sufficient

4.2.2 Homogeneous distribution of puncture sealant

Because the sealant in the sealant chamber is required to prevent air from escaping no matter where the tire is punctured, it should be homogeneously distributed. Diagonally opposed punctures on the tread of double-chamber tire were pierced using pins of 0.8, 3, and 5 mm in diameter. The pins were used to make two, four, and two, punctures respectively, eight in total. After running using this tire, the distribution of the sealant was inspected by a CT scan. Figure 9 shows the result of the distribution. Measurement of the thickness of the tread showed that the sealant remained homogeneously distributed under these conditions.

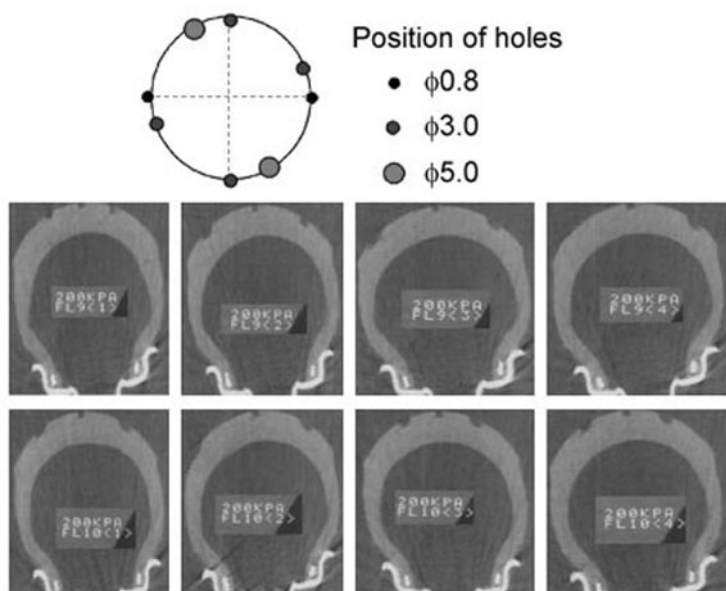


Fig. 9: Pictures of tire by CT scan

4.3 Results of Puncture-resistance Test

An important function of the double-chamber tire is to be capable of driving after punctured. A drum endurance test was conducted using the pierced tire. As a result, the tire accomplished continuous drive for 10 000 km at 65 km/h drum operation speed as shown in Figure 10. Figure 11 shows the change in the tire pressure when the tube tire and the tubeless tire were rotated on the drum after a 2.8 mm diameter nail puncture. The change in the tire pressure is minimal until the nail comes out.

However, the nail comes out when the centrifugal force grows in a high-speed rotation, and the air leakage occurs. At that time, the air leakage of the tube tire was earlier than that of the tubeless tire. Moreover, when running at the same speed the angular velocity of the small radius tire was large and the centrifugal force acted strongly on the nail in the outer surface of the tire. Therefore, the stuck nail on the small diameter tire came out easily in a low-speed rotation.

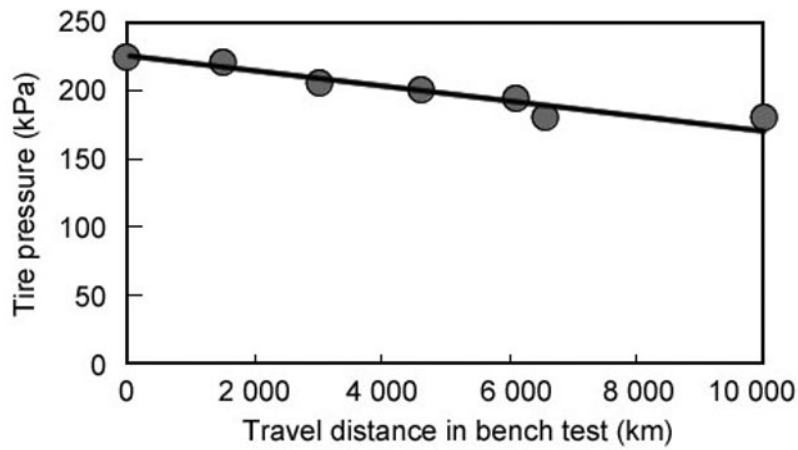


Fig. 10: Result of durability test on drum bench

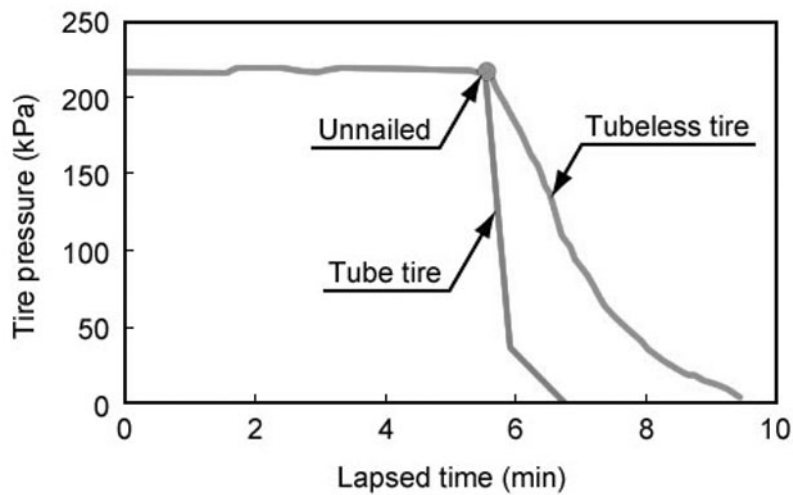


Fig. 11: Result of air leakage by drum bench test with sticking nail

4.3.1 Actual running durability test

Actual running durability tests were conducted on a pierced tire up to the tire wear limit of 20.000 km, and its air leakage was inspected. The sealant demonstrated stable plugging and actual running performances at limit tests under high and low temperatures.

Figure 12 shows the results of the actual running durability test conducted with a pierced tire. In actual running durability, the test motorcycle with the pierced tire ran 20.000 km on the road. To make the puncture conditions even more severe in this 20.000 km test, the hole was made with a blade of 2 mm in width instead of a round pin. After 12.000 km, the air pressure of the tire had declined by approximately 30%, but after being refilled to the correct pressure, the tire was able to be used until the tread wear limit of 20.000 km.

4.3.2 High-temperature test

Figure 13 shows the results of tests conducted at high temperatures with holes in the tire. In this test, nine holes were made in the same tire in ascending order of diameter with pins of 1 to 9 mm in diameter. Every time a puncture was made, the motorcycle ran the range of 6 km, and the tire pressure was measured. When the 7 mm pin puncture was made there was a 15% drop in tire pressure, but since this was a large hole, a certain degree of time was required for the sealant to fill in the hole and stop air from escaping. The drop in tire pressure represented the amount of air that escaped during that period. The test was carried out in Death Valley in the United States under atmospheric temperature of 48 °C.

Figure 14 shows the results of a 300 km durability test with a puncture made by a 3 mm diameter pin in the rear tire. The results were compared with the air pressure of the front tire without punctures. In Figure 14, the drop in pressure was a result of the overnight drop in atmospheric temperature. Comparison with pressure changes in the front tire indicates that no air was leaking from the tire.

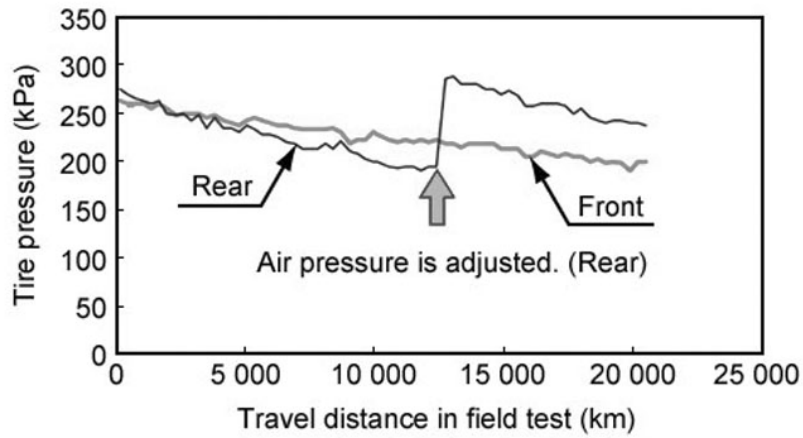


Fig. 12: Result of durability road test with tire with hole

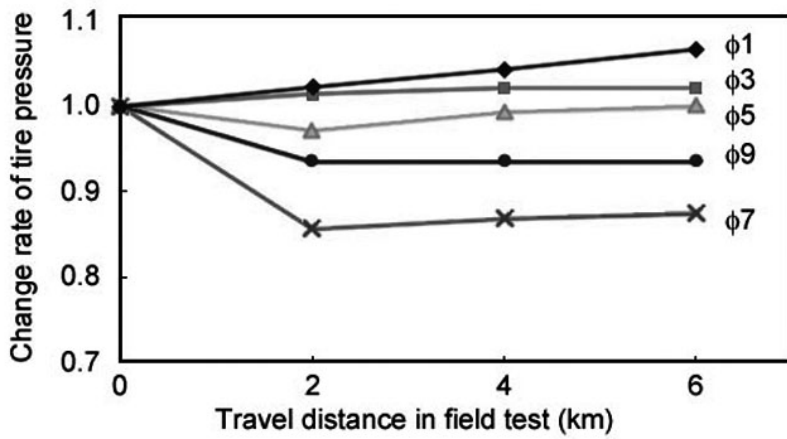


Fig. 13: Result of performance test at high temperature with tire with hole

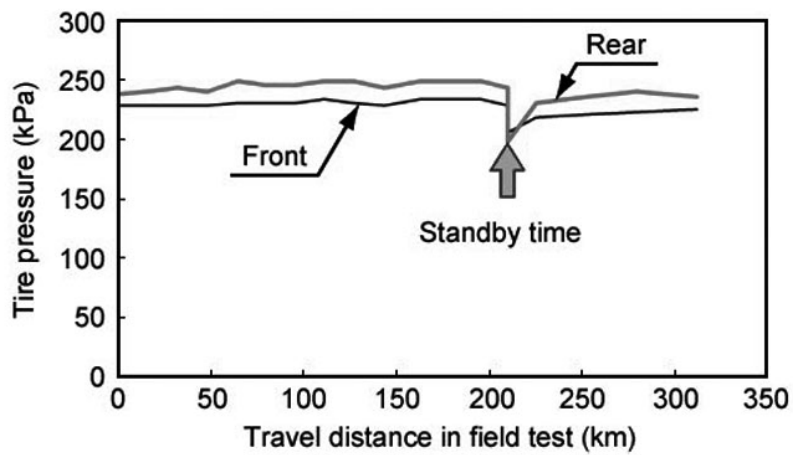


Fig. 14: Test run at high temperature with tire with hole

4.3.3 Low-temperature test

Figure 15 shows the results of test runs over 200 km at low temperatures. A puncture was made in the rear tire only. Because the rear tire is the drive wheel, at low temperatures, the temperature of the rear tire increases greater than the front tire, and hence its pressure increases greater, as the results indicated.

4.3.4 Handling and stability

The double-chamber tire developed for small sized scooters was tested for handling and stability. Because the double-chamber structure changed the stiffness of the tire case, the internal structure of the tire, including cord angle, was modified and the tire achieved handling and stability equal to those of a normal tire.

4.3.5 Verification of wheel interchangeability

The developed double-chamber tire has a double-chamber inside the tire facing the tread. The other part of the structure is almost the same compared with conventional tires. Tests of fitting the double-chamber tire on a conventional rim demonstrated that the new tire satisfied the development target of being interchangeable with conventional tires.

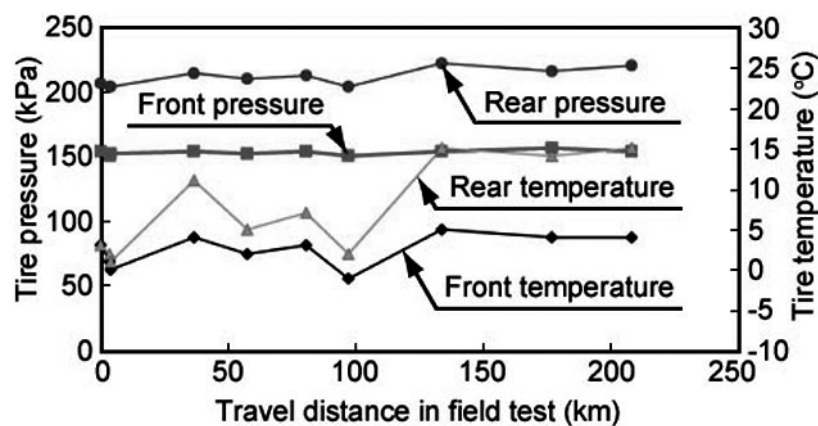


Fig. 15: Test run at low temperature with tire with hole

5. Conclusion

A double-chamber tire containing a chamber filled with a puncture sealant has been developed to enhance the puncture resistance of small-diameter tubeless tires. Results in this development are as follows:

- (1) Specifications of double-chamber tire such as material and structure were established, and its puncture-resistance has been verified.
- (2) A manufacturing technique has been developed that does not necessitate major changes in the conventional manufacturing line.
- (3) A method of ensuring the handling and stability of the double chamber tire has been determined.
- (4) Tests verified that the double-chamber tire could be fitted onto a conventional rim.

References

- (1) Yamagiwa, T., Nakayama, K., Kiyota, S., Tanaka, A., Makisaka, N.: Development of puncture resistance tire tube, 1997 JSAE Annual Congress Proceedings, No. 976, p. 279-282
- (2) Maniwa, T.: Understanding Automobile Tires & Their Characteristics, Sankaido, p. 211-217 (1980) (in Japanese)
- (3) Sakai, H.: Tire Engineering, Grand Prix, p. 403 (1987)
- (4) Sadamasa, T.: Automotive Engineering, Vol. 1, Gendaikougakusha, p. 182 (1979) (in Japanese)
- (5) Sadamasa, T.: Automotive Engineering, Vol. 2, Gendaikougakusha, p. 235 (1979) (in Japanese)

**Meilensteine der aktiven Sicherheit bei BMW Motorrad
am Beispiel der RDC und Xenon-Lichtentwicklung**

**Tyre-pressure check system and xenon light development
Milestones for active safety at BMW Motorrad**

**Développement du système RDC et des éclairages au xénon
Les différentes étapes de la sécurité active chez BMW Motorrad**

Dipl.-Ing. Petra Foith, Dipl.-Phys. Reiner Pfeifer, Dipl.-Ing. Jens Stäbe,
Dipl.-Ing. Kai Barbehön, Dipl.-Ing. Peter Müller
BMW Motorrad, Germany

Kurzfassung

Der Vortrag beschreibt die Vorgehensweise und wesentlichen Meilensteine der konsequenten Weiterentwicklung der BMW Motorrad Sicherheitsmerkmale. Ausgehend von der Entwicklung der bereits bekannten neuen Bordnetzgeneration der Elektrik/Elektronik bei BMW Motorrad werden die Entwicklung und Fahrzeugintegration des innovativen Reifen-Druck-Kontrollsystems (RDC) sowie die erstmalig bei Motorrädern eingeführte Xenon Technologie für das Abblendlicht erläutert.

Abstract

The presentation describes the approach taken and the major milestones in the logical development of BMW Motorrad safety features. Taking the development of the previously announced new generation of on-board electrics/electronics at BMW Motorrad as a starting point, the development and vehicle integration of the innovative tyre-pressure check system (RDC) is explained, as is the xenon technology for low-beam headlights, being introduced for the first time on motorcycles.

Résumé

Cet exposé décrit les différentes étapes du développement considérable des dispositifs de sécurité chez BMW Motorrad ainsi que les méthodes employées à cet effet. L'essor de la nouvelle génération bien connue des réseaux d'électronique embarquée BMW Motorrad a permis le développement et la mise en place du système innovant de contrôle de pression des pneumatiques (RDC) ainsi que la toute première introduction sur les motos de la technologie xénon pour les feux de croisement.

**Meilensteine der aktiven Sicherheit bei BMW Motorrad
am Beispiel der RDC und Xenon-Lichtentwicklung**

Zusammenfassung

Durch zahlreiche Entwicklungen im Bereich der Motorradsicherheit wurde bei BMW Motorrad die Sicherheit wesentlich erhöht. Seit 1985 wird bei BMW konsequent eine eigene Datenbank zu Motorradunfällen erstellt. Aus den Erkenntnissen der Unfallanalysen hat BMW Motorrad eine zielorientierte Strategie zur Motorradsicherheit entwickelt. Ein besonderes Augenmerk wird bei BMW Motorrad auf die präventiven/aktiven Sicherheitskonzepte zur Vermeidung eines Unfalls gelegt.

Durch diese frühzeitig gesetzte Sicherheitsstrategie bei BMW Motorrad wird den Zielen der europäischen Verkehrspolitik (das EU Weißbuch) nachhaltig Rechnung getragen. Der vorliegende Bericht beschreibt die weiteren Meilensteine der BMW Motorradsicherheit – die Reifendruckkontrolle (RDC) und das Xenon-Abblendlicht.

1. BMW Motorradsicherheit

Freude am Fahren und die Erhöhung der Sicherheit sind bei BMW Motorrad wesentliche Triebfedern bei der Entwicklung von Zweirädern. BMW Motorrad hat sich als einer der ersten Zweiradhersteller bereits in den 80er Jahren aktiv zur Motorradsicherheit bekannt. Der Einstieg wurde mit dem bei BMW Motorrad entwickelten Motorradhelm 1976 sowie mit der kompletten Fahrerausstattung ab 1986 vollzogen.

Aus intensiven Untersuchungen im Bereich der passiven Schutzsysteme bei BMW wurde jedoch erkannt, dass ein Sicherheitsniveau mittels passiver Systeme, vergleichbar dem der Pkw, bei Zweirädern nicht erreichbar sein wird. Weiterhin sind den passiven fahrzeuggebundenen Systemen bei Zweirädern durch die generell vorhandene Trennung von Fahrer und Sozius vom Motorrad im Unfallverlauf physikalisch Grenzen gesetzt. In Folge dieser Randbedingungen besitzen die passiven Systeme nur einen begrenzten Wirkungsbereich im repräsentativen Unfallgeschehen.

Abgeleitet aus diesen Erkenntnissen ist bei BMW Motorrad das Augenmerk auf die Weiterentwicklung bzw. Einführung neuer Konzepte im Rahmen der aktiven Motorradsicherheit gelegt worden. Im Jahr 2005 mit der weltweiten Ersteinführung des Xenon-Abblendlichts, gefolgt von den Systemen ASC (Antriebsschlupf Regelung) und RDC im Jahr 2006/2007. Damit bringt BMW Motorrad drei Systeme auf den Markt, die die aktive Motorradsicherheit auf ein höheres Niveau führen. Den Zielen der europäischen Verkehrspolitik, wie im folgenden Kapitel beschrieben, wird hiermit nachhaltig Rechnung getragen.

2. Die europäische Verkehrspolitik – das EU Weißbuch

Die Europäische Charta für die Straßenverkehrssicherheit ist eine der Hauptinitiativen der Europäischen Kommission. Sie hat zum Ziel, bis zum Jahre 2010 die Zahl der Straßenverkehrstoten um 50% zu reduzieren (Basis ist das Jahr 2001), gemäß dem Weißbuch „Die europäische Verkehrspolitik bis 2010“.

Das Weißbuch umfasst ein Programm von mehr als 60 Maßnahmen. Dazu gehört ein Aktionsprogramm, dessen Maßnahmen sich – mit Zwischenzielen – über den Zeitraum bis zum Jahr 2010 erstrecken. Vorgesehen ist eine Bilanz nach der Hälfte der Laufzeit im Jahre 2005, bei der festgestellt wird, ob die quantitativen Ziele (z.B. die Sicherheit im Straßenverkehr) erreicht wurden. Themen im Weißbuch, die den Leitlinien der EU gerecht werden, sind unter anderem die „Wiederbelebung des Schienenverkehrs“, „Verbesserung des Straßenverkehrs“, „Förderung der See- und Binnenschifffahrt“, aber auch die „Erhöhung der Straßenverkehrssicherheit“. Obwohl im EU Weißbuch Motorräder bislang nur im Nebensatz erwähnt sind, zeigt sich anhand aktueller Statistiken, dass die prozentuale Auffälligkeit der verunglückten Motorradfahrer stetig mit der zunehmenden Wirkung von Sicherheitskonzepten bei anderen Verkehrsmitteln (Fahrdynamiksysteme, Nachtsichtassistenten, Spurhaltefunktionen) wachsen wird.

Die Kommission will bis zum Jahr 2005 die Übernahme vorbildlicher Praktiken unterstützen, behält sich jedoch vor, die notwendigen Regelungen zu erlassen, wenn die Zahl der Unfälle nicht abnimmt.

Die Verbesserung der Motorradsicherheit ist seit langem eines der Kernziele bei BMW. Dies wurde unter anderem nachdrücklich durch die konsequente Strategie zum Motorrad ABS aufgezeigt [4]. Die Neuentwicklungen RDC und Xenon-Abblendlicht werden detailliert in diesem Bericht beschrieben.

3. Meilensteine der BMW Motorradsicherheit

Im Folgenden werden die Meilensteine der Motorradsicherheit bei BMW Motorrad aufgezeigt. Ausführlich wird hier auf die Systeme Xenon-Abblendlicht (Kap. 3.6) und RDC (Kap. 3.8) eingegangen. Die Entwicklungen ASC (Kap. 3.7.1), IABS (Kap. 3.7.2) und „Neck-Brace System“ sind in den jeweiligen Beiträgen von BMW Motorrad im vorliegenden ifz-Tagungsband detailliert beschrieben.

3.1 1976: BMW Motorrad-Systemhelm

Die bei BMW Motorrad entwickelten Helme erfüllen nicht nur die gängige ECE-Norm 22-05, sondern übertreffen sie in vielen Kriterien deutlich. Nahezu alle BMW Motorrad Helme verfügen über eine EPS-Innenschale (EPS = geschäumtes Polystyrol) aus mindestens sechs Segmenten. Dadurch wird eine optimale Dichte der Dämpfungselemente in der jeweiligen Zone (Kinn, Stirn, Scheitel, Hinterkopf, Wange recht und links) gewährleistet.

3.2 1978: Motorrad-Fahrerbekleidung

Mit „C.A.R.E.“, dem Concept of Advanced Rider Equipment, wurde bei BMW Motorrad ein Siegel für maximale Sicherheit, höchsten Komfort, optimales Klimamanagement und Top-Qualität für Motorrad-Fahrerbekleidung ins Leben gerufen. Alle Komponenten der BMW Motorrad-Fahrerbekleidung werden unter den hohen Anforderungen der internen BMW Normen unter anderem in Bezug auf Abriebfestigkeit der Obermaterialien, Aufpralldämpfung der Protektoren, Wind und Wasserdichtigkeit und nicht zuletzt auf Tragekomfort entwickelt.

Die neue Generation der Protektoren der BMW-Motorrad-Fahrerbekleidung wurde in enger Zusammenarbeit mit Biomechanikern, Medizinern und Unfallforscher entwickelt. Extrem flexibel und weich, bieten sie mit Abstand die besten Dämpfungswerte. Das vergleichbar einer Pkw-Knautschzone angestrebte Ziel – Eliminierung von Kraftspitzen und Übertragung eines niedrigen Kraftniveaus über längere Zeit – wird von den neuen BMW NP-Protektoren erfüllt (Abb. 1).

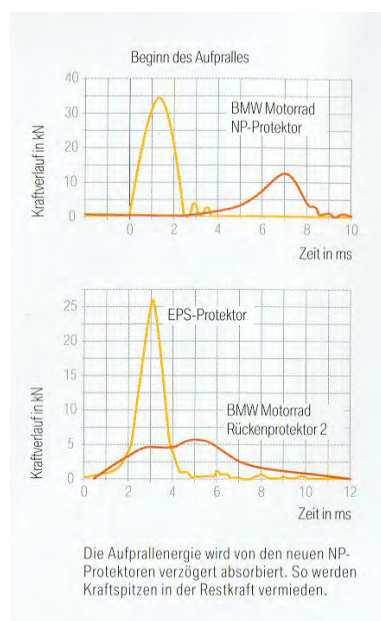


Abb. 1: Kraftverlauf bei BMW NP Protektoren

3.3 1988: Motorrad-ABS

Als erster Motorradhersteller stellte BMW Motorrad im Frühjahr 1988 ein elektro-hydraulisches Anti-Blockier-System (ABS) vor. Das Gewicht dieses Systems lag bei rund 11 kg. 5 Jahre später kam mit Einführung der R 1100 RS im Jahre 1993 eine weiterentwickelte, zweite ABS-Generation (ABS II) auf den Markt. Dieses war kompakter und mit einem Gewicht von 6 kg um nahezu um die Hälfte leichter. Es zeichnete sich zudem durch moderne Digital-Regeltechnik, besseren Regelkomfort sowie höhere Bremskraftausnutzung aus.

Im Jahre 2001 wurde das Integral-ABS mit elektrischer Bremskraftunterstützung, Integralbremsfunktion und optimaler Bremskraftverteilung auf Vorder- und Hinterrad vorgestellt. Das Gewicht konnte auf einen Wert von 4,5 kg reduziert werden. Für das Einstiegsmodell F650GS wurde zudem im Jahre 2000 ein Zwei-Kanal-ABS-System mit einem Gewicht von 2,5 kg in Serie eingeführt. Die zweite Generation wurde im Frühjahr 2006 mit der F800S/ST und der R1200S auf den Markt gebracht (Gewicht 1,5 kg).

Dieses System des Integral-ABS wurde im Sommer dieses Jahres in den Markt eingeführt. Es basiert auf der Weiterentwicklung von ABS-Ventilsystemen aus dem Automotive-Bereich und stellt eine kompakte mechatronische Einheit mit einem Gewicht von 2,3 kg und einer vereinfachten Systemarchitektur dar. Das aus dem DSC abgeleitete Integral-ABS ermöglicht zudem Schnittstellen zu weiteren Fahrdynamik-Regelsystemen wie dem neuen ASC und ist somit ein logischer Schritt in der Evolution von Motorrad-ABS-Systemen.

3.4 1999: 2-Rad-Sicherheitsfahrzeug – C1

Hinter dem C1 stand die Überlegung ein Fahrzeug zu schaffen, das die Vorzüge eines motorisierten Zweirades mit den Vorzügen eines Automobils verbindet. Vor allem sein einzigartiges Sicherheitskonzept verleiht dem C1 die Eigenständigkeit als motorisiertes Zweirad zwischen Motorrad und Automobil. Im C1 wurde die Philosophie der Passiven Sicherheit aus dem Automobilbereich in den Zweiradbereich übertragen. Komponenten der Passiven Sicherheit sind nicht wie im Zweiradbereich üblich am Menschen (Schutzkleidung, Schutzhelm), sondern am Fahrzeug angebracht.

3.5 2004: Neues Bordnetz – Der „CAN-Bus“ im Motorrad

Mit der R1200GS wurde 2004 erstmals bei BMW die aus dem Pkw-Bereich bekannte CAN-Bus-Technologie eingeführt. Der Zuwachs an Elektronik im Kfz einerseits durch die Zunahme der Kundenwünsche im Komfortbereich als auch nach mehr Fahrsicherheit war die Ursache für die konsequente Weiterentwicklung des Motorrad-Bordnetzes hin zum Bus-System. Mit Hilfe dieses Bordnetzes wurde eine wesentliche Randbedingung zur intelligenten Vernetzung der Steuergeräte geschaffen.

3.6 2005: Xenon Technologie für das Abblendlicht von Motorrädern

Um potenzielle Gefahrensituationen frühzeitig zu erkennen und das Motorrad in seiner Erkennbarkeit zu unterstützen, leistet die Beleuchtung einen entscheidenden Beitrag für die aktive Sicherheit des Motorradfahrers.

Der Mensch nimmt im Straßenverkehr über 90% der Informationen durch das Auge auf. Die Datenübertragungsrate ist dabei um den Faktor 10 höher als z.B. beim Hören (Auge 65 Mbit/s; Ohr 6 Mbit/s). Schätzungen zufolge sind bei jedem zweiten Verkehrsunfall optische Wahrnehmungsprobleme im Spiel.

Die kontinuierliche Verbesserung der Beleuchtungssysteme erhält folglich eine hohe Priorität in den Maßnahmen zur Erhöhung der aktiven Sicherheit. Der Fahrzeugscheinwerfer sollte bei allen Straßenverkehrs- und Witterungsverhältnissen eine homogene Ausleuchtung der Fahrbahn mit großer Reichweite in Fahrtrichtung sowie breiter Seitenausleuchtung ohne Blendung der anderen Verkehrsteilnehmer realisieren. Die Lichtanlage verfolgt zudem als Ziel, das Motorrad im Verkehrsraum als solches erkennbar darzustellen und in der Erscheinung vom Pkw zu differenzieren [2].



Abb. 2: Motorrad, Fahrer, Umwelt

Xenonscheinwerfer repräsentieren aktuell die effektivste Technologie, für automotive Anwendungen leistungsstarke Lichtsysteme darzustellen.

Motorrad-Xenonscheinwerfer, wie sie erstmals in der BMW K1200LT und K1200GT im Serieneinsatz Anwendung finden, wurden in Freiformreflektortechnologie dargestellt. Das Fernlicht entspricht in der Ausführung dem serienmäßigen Halogenscheinwerfer mit zwei Freiformreflektoren in H7-Technologie.



Abb. 3: Xenon-Scheinwerfer BMW K1200GT

Der speziell für das Motorrad-Xenonlicht entwickelte Abblendlichtreflektor ist mit einer zylindrischen Strahlenblende zur Vermeidung von unerwünschtem Streulicht und Blendung versehen. Das elektronische Vorschaltgerät zur Ansteuerung und Leistungsregelung der Gasentladungslampe ist in die Unterseite des Scheinwerfergehäuses integriert.



Abb. 4: Integration des Xenon-Steuergerätes im Scheinwerfergehäuse (Unterseite)

Beim Xenon-Licht dient ein Lichtbogen im Inneren der Gasentladungslampe (Xenon-Brenner) anstelle einer Glühwendel als Lichtquelle. Der Lichtbogen wird durch eine elektrische Spannung erzeugt, die zwischen den Elektroden der Gasentladungslampe anliegt. Das die Elektroden umgebende und von einem Quarzkolben umschlossene ionisierte Edelgas-Metaldampf-Gemisch wird dabei zum Leuchten angeregt. Der erzeugte Lichtstrom ist rund doppelt so stark wie bei üblichen Halogenlampen. Dadurch wird eine deutlich verbesserte und gleichmäßigere Fahrbahnausleuchtung bei Dunkelheit und schlechten Sichtverhältnissen erreicht. Die spektrale Zusammensetzung des Xenonlichtes kommt dem Tageslicht sehr nahe und bewirkt damit einen deutlichen Gewinn an Sehkomfort. Potenzielle Gefahrensituationen werden früher erkennbar. Zudem verbessert sich die Wahrnehmbarkeit des Motorradfahrers im Verkehrsraum signifikant. Xenon-Licht verbraucht dabei ca. 30% weniger Energie und hat eine deutlich längere Lebensdauer als Halogenlicht.

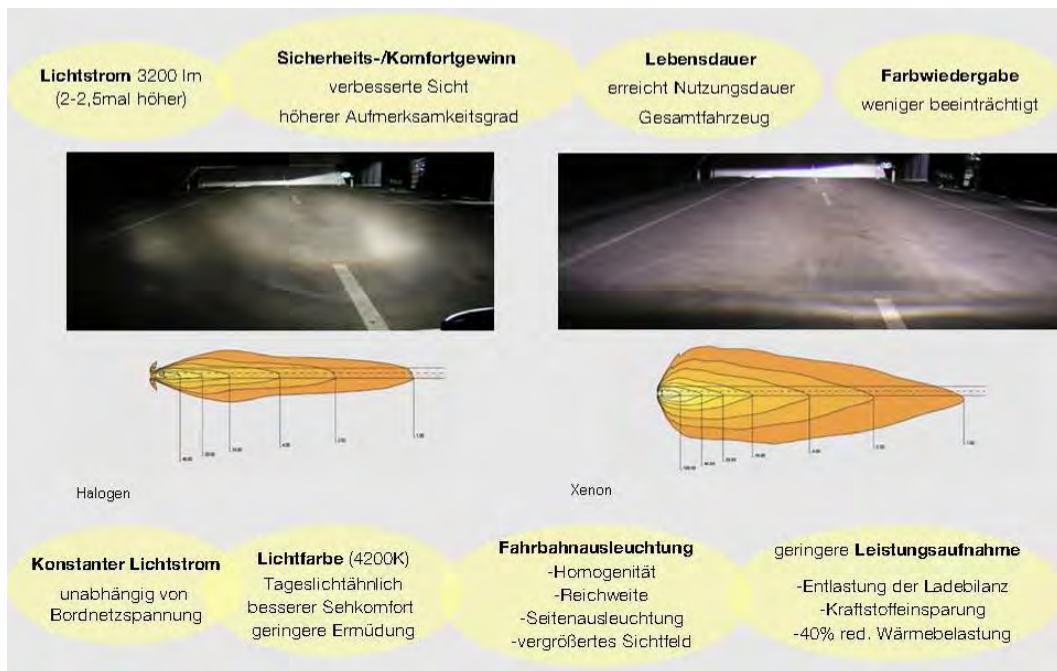


Abb. 5: Systemvergleich Halogen-/Xenonscheinwerfer

Um eine optimale Fahrbahnausleuchtung ohne Blendung anderer Verkehrsteilnehmer zu erreichen, wurden hinsichtlich der Lichtverteilung und Charakteristik die gültigen normativen Regelungen und Erkenntnissen aus der Pkw-Serienentwicklung berücksichtigt. Die technische Ausführung für den Einsatz im Motorrad wurde in einer mehrjährigen Erprobungsphase im Realbetrieb nachgewiesen.

Durch eine vergrößerte Lichtaustrittsfläche konnten die Beleuchtungsstärken auf der Abdeckscheibe im Maximum auf das Niveau leistungsfähiger Halogen-Scheinwerfer begrenzt werden. Daraus resultiert, dass sich diese Xenonscheinwerfer hinsichtlich des Blendempfindens unauffällig verhalten.

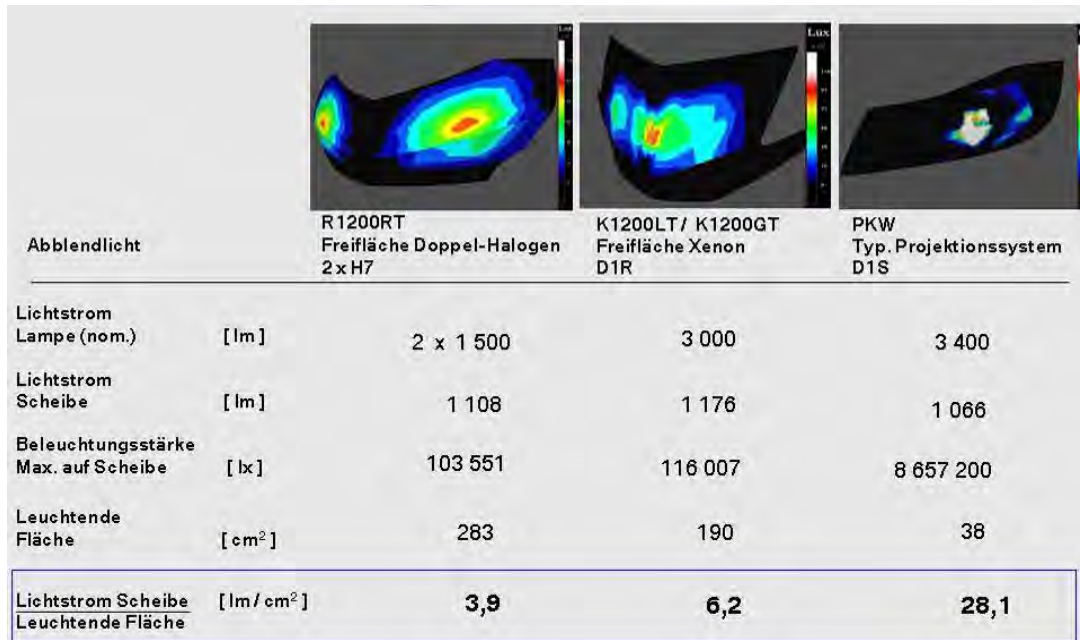


Abb. 6: Beleuchtungsstärken auf der Abdeckscheibe

Basierend auf der vorgeschriebenen Mindest-Absenkung des Lichtkegels von 1% erzielt der Pkw mit typischen Anbauhöhen der Scheinwerfer von 650mm eine Reichweite von 65m am linken Fahrbahnrand. Im Motorrad erreichen wir durchschnittlich Anbauhöhen der Scheinwerfer von 800 – 1000mm, d.h. wesentlich größere theoretische Reichweiten der Fahrbahnausleuchtung von 80 – 100m bei gleicher Absenkung.

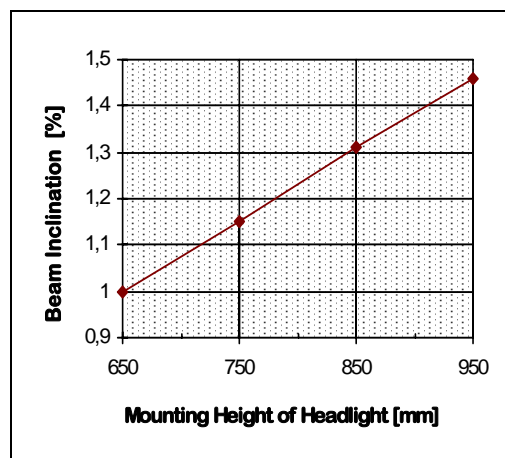


Abb. 7: Verhältnis von Anbauhöhe und Grundeinstellung des Abblendescheinwerfers bei einer exemplarischen geometrischen Reichweite von 65m [1]

Um die Wahrscheinlichkeit der Blendung anderer Verkehrsteilnehmer zu reduzieren, ist es Ziel führend, die Grundeinstellung des Scheinwerfers mit einer stärkeren als der gesetzlich geforderten Mindestabsenkung von 1% zu definieren (Bild 7).

Die Fahrwerkscharakteristik hat einen wesentlichen Einfluss auf die Wirksamkeit der Lichtverteilung im Sichtfeld sowie auf die Blendneigung gegenüber anderen Verkehrsteilnehmern. Weich abgestimmte Fahrwerke mit großen Federwegen sind deshalb mit stärkeren Absenkungen in der Grundeinstellung des Scheinwerfers zu kombinieren. Zum Ausgleich unterschiedlicher Beladungen dient eine Leuchtweitenregelung (manuell), die die Neigung des Reflektors um die Querachse dem Beladungszustand anpasst.

Der BMW Paralever als Hinterradführung weist hervorragende Eigenschaften zur Reduzierung des Anfahrnickens auf. Damit wird die Häufigkeit von Blendsituationen erheblich eingeschränkt. Mit geeigneten Fahrwerkregelsystemen (BMW ESA) lässt sich zudem der Einfluss der Beladung auf das Fahrwerk weitgehend kompensieren. Zur Vermeidung des Bremsnickens und des damit verbundenen Sichtweiteverlustes hat sich die Telelever-/Duolever-Vorderradführung als wirksam erwiesen, mit der bei Bedarf ein vollständiger Bremsnickausgleich darstellbar ist.



Abb. 8: Fahrwerk BMW K1200GT. Duolever Vorderradführung/Paralever Hinterradführung

Die Erhöhung der Leistungsfähigkeit von Motorrad-Scheinwerfersystemen durch die Anwendung der Xenon-Technologie leistet in der Summe ihrer Eigenschaften einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der aktiven Sicherheit.

3.7 2006

3.7.1 Motorrad-ASC (Automatic Stability Control)

Dieses weltweit erste System zur Antriebsschlupfregelung bei Serienmotorrädern wird bei den tourenorientierten Modellen der K- und Boxer-Serie als Sonderausstattung angeboten. Hiermit erweist sich BMW wiederum als Pionier bei der Einführung von Sicherheitstechnologien beim Motorrad. Die führende Rolle, die BMW seit mehr als 15 Jahren auf dem Gebiet der aktiven Sicherheit einnimmt, wird damit weiter ausgebaut [4].

3.7.2 Integral-ABS

Unter Nutzung der technologischen Weiterentwicklung von ABS-Ventilsystemen, Hydraulik und Elektronik wurde ein Einsatz eines Ventilsystems mit Integralfunktion im Motorrad ermöglicht. Mit der Einführung des neuen Integral-ABS gelang durch den Entfall der Bremskraftunterstützung eine Vereinfachung der Systemarchitektur und eine Reduzierung des Gewichts. Gleichzeitig erfolgte eine Weiterentwicklung der Funktionalitäten, wodurch kürzeste Bremswege realisierbar sind [4].

3.8 2007: Reifendruckkontrollsystem RDC beim Motorrad

Einen weiteren Beitrag zur Erhöhung der Sicherheit von Motorradfahrern stellt auch die Einführung des Reifendruckkontrollsystems beim Motorrad dar. Wie in Kapitel 3.5 beschrieben, wurde im Jahr 2004 das CAN-Bordnetz bei BMW Motorrad eingeführt, in das auch das Reifendruckkontrollsystem RDC integriert ist.

Einbindung in die BMW Sicherheitsstrategie

In der Sicherheitsstrategie bei BMW wird gemäß Abb. 10 zwischen aktiver und passiver Sicherheit unterschieden.

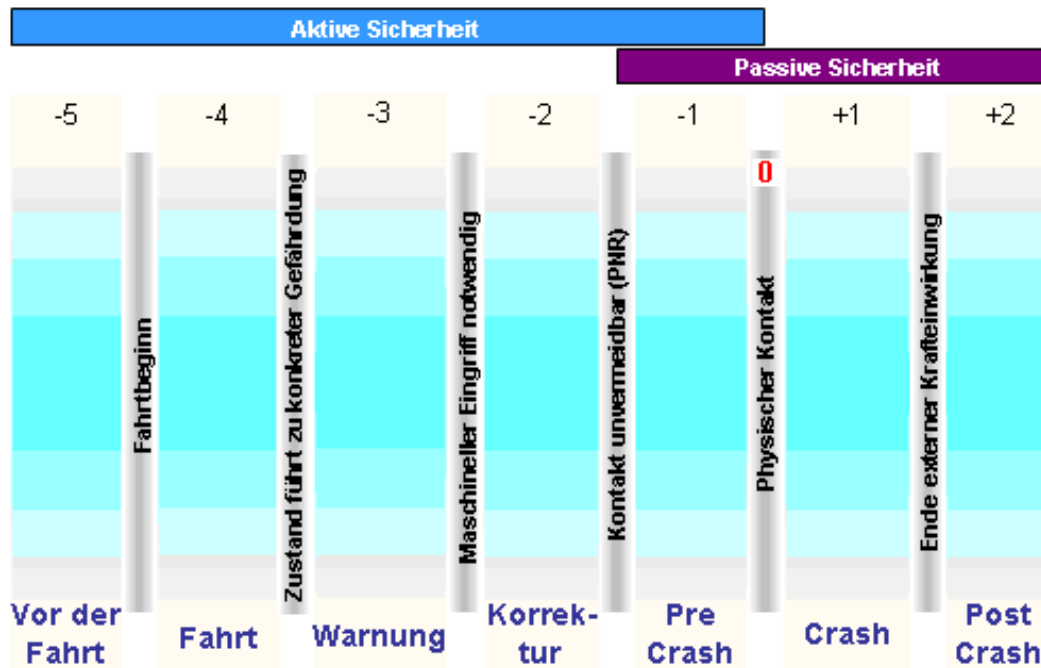


Abb. 9: Klassifizierung aktive/passive Sicherheit

In dieser Klassifizierung gehört das RDC in den Bereich der aktiven Sicherheit und warnt den Fahrer vor gefährlichen Fahrsituationen.

Funktionsprinzip

Das Funktionsprinzip des Systems zur Reifendruckkontrolle wurde vom Pkw übernommen und an die spezifischen Randbedingungen im Motorrad angepasst:

In jedem Rad ist ein Sensor verschraubt, der Druck und Temperatur der Luft im Reifen erfasst und über eine Funkstrecke an eine Empfangseinheit im Fahrzeug übermittelt (Abb. 10).

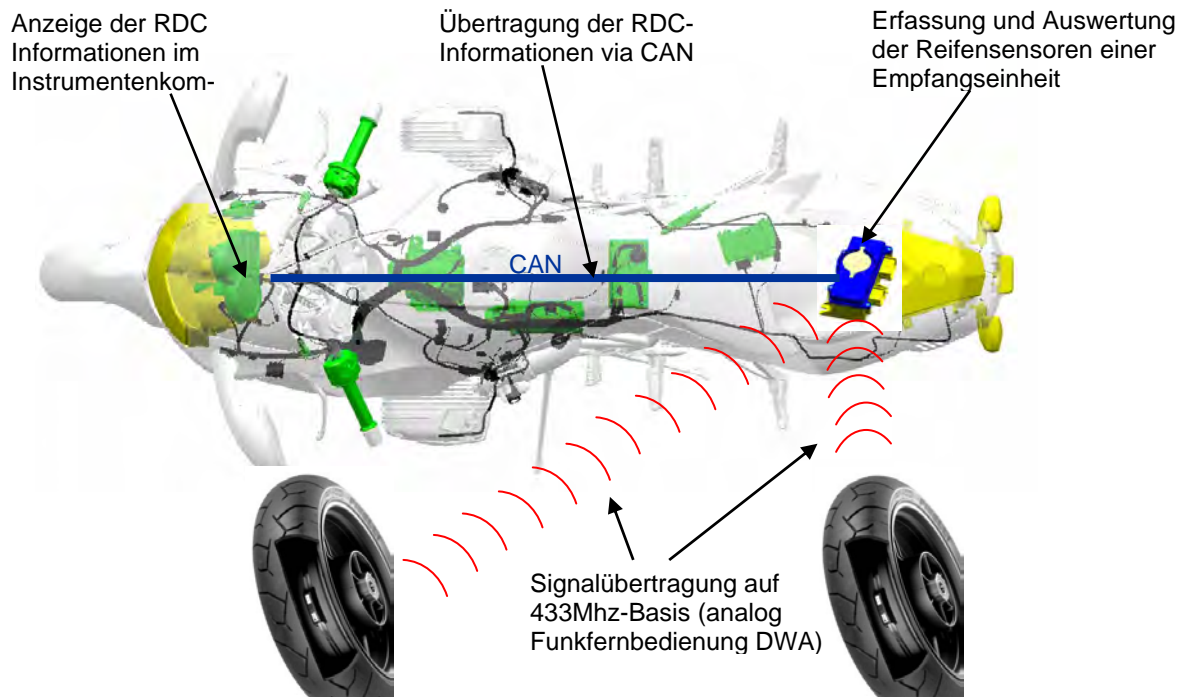


Abb. 10: RDC Systemverbund

Diese Empfangseinheit wertet die Signale aus und sendet die aufbereiteten Druckwerte gemeinsam mit weiteren Informationen über den CAN-Bus an das Instrumentenkombi, auf dessen Display die aufbereiteten Druckwerte dargestellt werden (Abb. 11).



Abb. 11: RDC-Anzeige

Erkennt die Auswerteelektronik eine Situation, die – bezogen auf den Reifenfülldruck – eine Gefährdung für die Fahrstabilität darstellt, sendet sie über den CAN-Bus zusätzliche Informationen an das Instrumentenkombi.

MMI

Bei BMW werden die Anzeigen für den Fahrer gemäß Abb. 12 klassifiziert.

Unfallwahrscheinlichkeit ↑	Warnung	Meldungen, die aufgrund konkreter Gefahr eine unmittelbare Reaktion innerhalb eines Reaktionszeitfensters erfordern
	Handlungshinweis	Meldungen, die dem Fahrer eine Aktion zur Fahraufgabe nahe legen
	Information	Meldungen mit fahrrelevanten Daten Erfassung durch den Fahrer bei Bedarf

Abb. 12: Klassifizierung von Meldungen

Das RDC folgt mit seinen Hinweisen und Anzeigen dieser Klassifizierung. Die einfache Darstellung der Druckwerte auf dem Display des Instrumentenkombis stellt in dieser Klassifizierung die Informationsebene dar. Der Abruf dieser Information erfolgt rein auf Fahrerwunsch (Abb. 13).

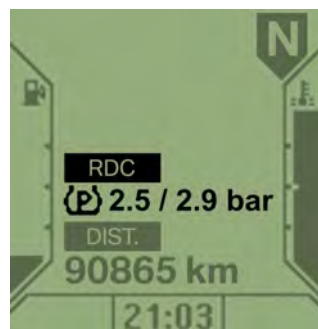


Abb. 13: Information

Modellspezifisch und abhängig von der Radposition sind Schwellwerte für den temperaturkompensierten Reifenfülldruck festgelegt. Sinkt der Druck unterhalb diesen Schwellwert, so dass er nahe einer kritischen Druckgrenze liegt, der Fahrer sich aber noch nicht in unmittelbarer Gefahr befindet, erfolgt ein Handlungshinweis.

Die Ebene des Handlungshinweises wird in Form einer gelben Warnlampe realisiert, in Kombination mit dem Blinken jenes Wertes, der ursächlich für die Warnung ist (Abb. 14). Mit dem Handlungshinweis wird der Fahrer aufgefordert, seinen Reifendruck baldmöglichst zu korrigieren, es ist jedoch möglich, die Fahrt vorsichtig fortzusetzen.

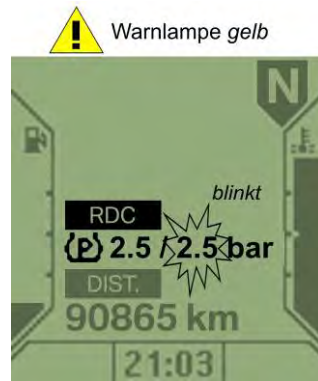


Abb. 14: Handlungshinweis

Wird auch die kritische Druckgrenze unterschritten, ist eine *Warnung* gemäß dieser Klassifizierung erforderlich. Diese wird ebenfalls mit einem blinkenden Druckwert und zusätzlich mit einer rot blinkenden Warnlampe dargestellt (Abb. 15). Erfolgt eine Warnung, so ist eine umgehende Druckkorrektur erforderlich.



Abb. 15: Warnung

Technische Realisierung im Motorrad

Empfangseinheit

Für die Integration der Empfangseinheit in die Bordnetzarchitektur wurde dessen Flexibilität genutzt. Je nach Ausstattungsgrad des individuellen Fahrzeugs ist die Empfangs- und Auswertefunktionalität entweder in ein separates oder in ein bereits bestehendes Steuergerät integriert. Die Kommunikation mit dem Instrumentenkombi erfolgt in beiden Fällen über den CAN-Bus und die Funktionalität erscheint dem Fahrer in beiden Fällen gleich.

Die Empfangseinheit führt eine Temperaturkompensation der empfangenen Druckwerte durch, d. h., der gemessene Druckwert wird immer auf eine Umgebungstemperatur von 20°C kompensiert. Hier wurde das typische Kundenverhalten berücksichtigt, vor Fahrtantritt bei noch nicht erwärmten Reifen den Fülldruck zu kontrollieren. In diesem Zusammenhang ist hervorzuheben, dass der im Instrumentenkombi angezeigte Druck z. B. nach längeren Fahrten nicht immer mit dem Ergebnis einer realen Messung z. B. an der Tankstelle übereinstimmen muss, da bei realen Messungen keine Temperaturkompensation durchgeführt wird.

Sensoren

Die mit einer Batterie ausgerüsteten Sensoren ermitteln Reifenfülldruck und -temperatur und senden diese Daten an die Empfangseinheit. Die Anwendung im Motorrad stellt hinsichtlich der Vibrationsbeaufschlagung und des limitierten Einbauraumes im Vergleich zum Pkw besondere Anforderungen an das System. Dies lässt sich am Beispiel der Radsensorik verdeutlichen: Bei der prinzipiellen Übernahme der Elektronik musste den beim Motorrad sehr schmalen Felgen Rechnung getragen werden. Darüber hinaus erwies sich die Vibrationsbelastung vor allem im hinteren Antriebsrad als sehr hoch.



Abb. 16: RDC-Sensoren mit und ohne Ventil

So war es erforderlich, das Gehäuse der Sensoren sehr viel schmaler als bei vergleichbaren Pkw-Anwendungen zu gestalten. Durch ein spezielles mechanisches Design des Gehäuses ließ sich darüber hinaus eine große Robustheit erreichen, sowohl was die Dauerhaltbarkeit im Fahrbetrieb anbelangt als auch bei der (Reifen-) Montage.

Auch in der Befestigung der Sensoren unterscheidet sich das Motorrad RDC – zumindest bei den Vorderrädern – von vergleichbaren Systemen im Pkw. Die Hinterradfelgen der BMW Motorräder verfügen über konventionelle radial angebrachte Gummiventile. Diese werden durch ein Ventil ersetzt, an das der RDC Sensor gespritzt ist. Wie beim Pkw wird der Sensor über dieses Ventil an der Felge befestigt.

Die innovative BMW Lösung, die Ventile der Vorderräder in der Speiche unterzubringen, um deren Zugänglichkeit zu verbessern, war für die Befestigung der Sensoren hingegen nicht geeignet. Hierbei wurde der Weg gewählt, die Sensoren mit einem Bolzen in der Vorderradfelge zu verschrauben. Bei dieser Befestigungsmethode ragt kein Bestandteil des Sensors aus der Felge, der als Antenne verwendet werden könnte, weswegen die Antenne in das Sensorgehäuse integriert wurde.

Die Energieversorgung der Sensoren erfolgt über eine Batterie. Um eine Lebensdauer von rund zehn Jahren zu gewährleisten, wird die Sensorfunktion über einen Fliehkraftschalter erst oberhalb eines bestimmten Geschwindigkeitsbereichs des Fahrzeugs aktiviert. Bei Fahrzeugstillstand wird der Sensor erst nach einer definierten Zeit wieder deaktiviert, um etwa auch im Stop-and-go-Betrieb Messwerte liefern zu können. Die Sensorelektronik überwacht die Batterie. Bei Unterschreiten eines bestimmten Schwellwerts wird der Fahrer durch eine Anzeige im Instrumentenkombi aufgefordert, den Sensor zu erneuern.

Um dem Kunden die Möglichkeit zu bieten, verschiedene Räder zu verwenden, ist die Empfangselektronik in der Lage, zwei Radsätze und damit vier Radsensoren auszuwerten. Die zum individuellen Fahrzeug gehörenden Sensoren werden dem System über Identifikationsnummern zugeordnet, die für jeden Sensor eindeutig sind.

3.9 Ausblick

Die Zukunft des Motorrads wird wesentlich durch Entwicklungen im Bereich der Motorradsicherheit beeinflusst werden. Konzepte zum verbesserten Schutz der Halswirbelsäule [5] oder zur schnellen Rettung nach einem Unfall durch e-Call werden sicherlich ihren Beitrag zur Verbesserung der Motorradsicherheit leisten. Unfallstatistiken zeigen jedoch auch, dass von allen Motorrad-/Pkw-Kollisionen

ca. 75% durch den Pkw-Fahrer durch Unachtsamkeit oder falscher Einschätzung verursacht werden. Daher sollten durch geeignete Trainings Pkw-Fahrer für Motorrad-Eigenheiten sensibilisiert werden. In diesem Zuge können auch Technologien für die –Fahrzeug-Kommunikation langfristig einen großen Nutzen darstellen.

4 Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag wurden chronologisch die Meilensteine der Motorradsicherheit bei BMW Motorrad aufgezeigt. Die Randbedingungen in Bezug auf die Fahrzeugsicherheit der Europäischen Einheit wurden dargestellt. Die Systeme RDC und Xenon-Abblendlicht wurden detailliert beschrieben. Mit der modellübergreifenden Einführung von ABS war BMW Motorrad richtungweisend in der Motorradsicherheit. Die Marschrichtung der Europäischen Kommission zeigt, dass in der Verbesserung der Motorradsicherheit eine wesentliche Herausforderung für die Zukunft des Motorrads liegt.

Literaturverzeichnis

- (1) Stäbe, J.: Special Aspects Concerning Motorcycle Lighting Design. PAL'97. "Progress in Automobile Lighting". Darmstadt University of Technology. 1997.
- (2) Stäbe, J.: Die Spezifikation der Lichttechnik in der Motorradentwicklung. Fachtagung „Entwicklungstendenzen im Motorradbau“. Westsächsische Hochschule Zwickau, 2002.
- (3) Stoffregen, G., Barbehön, K.: Zukunftsfähige Bordnetzkonzepte bei BMW Motorrad. Forschungshefte Zweiradsicherheit Nr. 11, herausgegeben von Elmar Forke.,
- (4) Wagner, H.-A., Jahreiß, H.-J., Reissing, J., Bachmann, J., Mueller, P., Entwicklungstendenzen von Fahrwerkregelsystemen bei BMW Motorrad. Forschungshefte Zweiradsicherheit Nr. 12, herausgegeben von Elmar Forke,
- (5) Geisinger, A., Diehl-Thiele, T., Kreitmeier, H., Bachmann, J., Müller, P., Innovationen bei der Entwicklung von Fahrerbekleidung zur Reduzierung von Verletzungsrisiken bei BMW Motorrad. Forschungshefte Zweiradsicherheit Nr. 12, herausgegeben vom Institut für Zweiradsicherheit e.V.

**Simulatorstudie zu dynamischen, fotorealistischen
Navigationsanzeigen beim Motorradfahren**

**Simulation study on the dynamic, photo-realistic presentation of
information on the display of a navigation system during a
motorcycle ride**

**Etude de simulation de conduite de moto par signalisations de
navigation dynamiques reproduisant fidèlement des photos**

Dr.-Ing. Dirk Schlender

Bergische Universität Wuppertal, Fachbereich Bauingenieurwesen,
Maschinenbau, Sicherheitstechnik, Germany

Kurzfassung

In einem Motorradfahrersimulator wurden Probandenversuche zu den Auswirkungen einer neuartigen Navigationsanzeige durchgeführt. Die empfohlene Fahrtroute wurde nicht wie in üblichen Navigationsanzeigen durch Pfeile und Symbole angezeigt, sondern durch eine computergenerierte fotorealistische Darstellung der Umgebung unter Verwendung der Feldperspektive. Die Position der Navigationsanzeige unterschied sich jeweils von der aktuellen Position des Motorrads. Das Navigationsinstrument stellte die Umgebung aus der Sicht eines virtuellen Betrachters dar, der dem eigentlichen Motorradfahrer in einer vorgegebenen Distanz voraus fuhr.

Die Aufgabe der Versuchspersonen war es, dem angezeigten Fahrtverlauf entlang einer vorgegebenen Route bis zu einem Zielpunkt zu folgen. Der Abstand der dargestellten Vorausbewegung wurde geschwindigkeitsabhängig variiert. Insgesamt wurden drei verschiedene zeitliche Abstände der Vorausbewegung und zwei verschiedene Betrachterhöhen untersucht. Die Bewertung der Darstellungsparameter erfolgte anhand von Kriterien zur Fahrleistung, der Fahrsicherheit und zum erworbenen Navigationswissen.

Abstract

This study presents an experiment that investigates how individuals perform a navigation test on a motorcycle simulator. Instead of presenting route information by arrows and symbols, a computer-generated photo-realistic presentation of the environment from the field perspective has been used for the experiment. The position displayed on the navigation system has always been different from the current position of the motorcycle. The navigation system used the perspective of a virtual spectator, who led the way and traveled ahead of the motorcyclist at a given distance.

The test persons had to follow the route until they reached the target destination. The distance to the object in front of the test person varied depending on the speed. We examined a total of three different temporal distances to the object ahead, with the spectator's position varying between two different heights. The parameters thus presented have been assessed on the basis of criteria concerning the driving performance, the road safety and the navigational knowledge acquired.

Résumé

Des tests montrant les effets d'une nouvelle signalisation de navigation ont été effectués dans un simulateur de conduite de moto. La signalisation de la route recommandée n'était pas représentée par les flèches et les symboles courants, mais par une illustration de l'environnement générée par ordinateur et reproduisant fidèlement les photos en utilisant la perspective du champ. La position de la signalisation de navigation se différenciait aussi de la position actuelle de la moto. L'instrument de navigation représentait l'environnement du point de vue de l'observateur virtuel qui précédait le conducteur de la moto à une distance définie.

La mission des personnes testées était de suivre jusqu'à un point donné le cours du tracé indiqué le long d'une route définie. L'écart du déplacement en avant représenté variait en fonction de la vitesse. Au total, trois différents écarts dans le temps du déplacement en avant et deux différentes hauteurs de l'observateur ont été testés. L'analyse des paramètres d'illustration s'effectua sur la base des critères de performance de conduite, de sécurité de conduite et du savoir en navigation acquis.

Simulatorstudie zu dynamischen, fotorealistischen Navigations- anzeigen beim Motorradfahren

1. Einleitung

Moderne Navigationsinstrumente werden auch beim Motorradfahren zukünftig zunehmend Verwendung finden. Aufgrund der besonderen fahrphysikalischen Eigenschaften des Motorrads ist dabei die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle von großer Bedeutung für die Verkehrssicherheit. Der Einsatz von Assistenzsystemen zur Fahrerinformation bedarf einer Überprüfung der gesamten Fahrzeugführungstätigkeiten auf den drei Ebenen Stabilisierung, Bahnführung und Navigation.

In der hier beschriebenen Studie wird im Rahmen von Probandenversuchen in einem Fahr Simulator ein Navigationsinstrument untersucht, welches eine Computergrafik mit einer fotorealistischen Umgebungsdarstellung verwendet. Die Vor- und Nachteile von fotorealistischen Umgebungsdarstellungen in Fahrerinformationssystemen sind bisher nur wenig erforscht worden. Unter dem Aspekt, Ortskenntnisse zu vermitteln und das Erreichen eines Zieles zu gewährleisten, sind bei der Gestaltung von Informationssystemen vielfältige Kriterien zu berücksichtigen [01/]. Das erlernbare Navigationswissen kann dabei generell den Stufen Landmarken-, Routen- und Überblickswissen zugeordnet werden [02/]. Beeinflussende Faktoren für die Informationsvermittlung sind zum Beispiel die Komplexität, die Perspektive und die Abbildungsgröße einer Darstellung [03/, 04/, 05/]. Bei Kartendarstellungen haben die Ausrichtung, die Kartengröße und die Auswahl von dynamischen und statischen Darstellungselementen einen Einfluss auf das kognitive Navigieren [06/, 07/, 08/]. Bei sprachlichen oder textlichen Informationen sind unter anderem das Referenzsystem und die Linearisierung der Raumbeschreibung von Bedeutung [09/, 10/]. Letztendlich sind bei allen genannten Kriterien weiterhin Lerneffekte zu berücksichtigen [11/].

2. Qualität von Simulatorstudien

Simulatorstudien sind, neben Fahrversuchen mit realen Fahrzeugen und Befragungen, ein Mittel zur Untersuchung der Auswirkungen von Assistenzsystemen [12/]. Die Qualität von Tests wird durch die Faktoren Objektivität, Reliabilität und Validität bestimmt. Unter der Objektivität wird die Unabhängigkeit des Tests von den Rahmenbedingungen verstanden. Reliabilität umfasst die Übereinstimmung zwischen dem wahren Wert und dem gemessenen Wert. Die Validität bezieht sich auf die Gültigkeit des Tests, das heißt, inwieweit er das misst, was er messen soll. Dieses beinhaltet neben der Kontrolle potenzieller Störvariablen (interner Validität) auch das Ziel einer Übereinstimmung zwischen tatsächlichem und intendiertem Untersuchungsgegenstand (externe Validität).

Für Untersuchungen in Simulatoren sind die physikalische und die verhaltensbasierte Validität besonders zu betrachten [13/]. Die physikalische Validität nimmt Bezug auf die Güte der Simulation unter

technischen Kriterien, das heißt, inwieweit das System Mensch-Maschine-Umwelt in Bezug auf einzelne physikalische Kenngrößen nachgebildet wird. Im Gegensatz dazu steht die verhaltensbasierte Validität als Gütemaß dafür, wie der Mensch als Handelnder in der Simulation im Vergleich zur Realität interagiert. Von absoluter Validität wird gesprochen, wenn ein identisches Verhalten in beiden Systemen vorliegt. Im Gegensatz dazu bezeichnet die relative Validität ein Gütekriterium, bei dem Ausprägungen in der realen und in der simulierten Umgebung tendenziell übereinstimmen, aber die Skalierungen der Messgrößen verschieden sind.

Für die Untersuchung von Assistenzsystemen in Fahr simulatoren hat die relative Validität eine besondere Bedeutung. Aufgrund der in Simulationen vorhandenen technischen Vereinfachungen wird ein Fahrverhalten von Probanden beobachtet, welches nicht vollständig demjenigen in der Realität entspricht, beispielsweise werden in Simulatoren im Vergleich zur Realität häufig ungenauere Spurhaltungen und erhöhte Fahrgeschwindigkeiten beobachtet. Trotzdem können in Simulatoren Unterschiedshypothesen getestet werden, bei denen festgelegte Variationen von Faktoren unter ansonsten kontrollierbaren identischen Bedingungen betrachtet werden. Die so beobachteten Testergebnisse ermöglichen eine Bewertung der variierten Faktoren unter dem Vorbehalt, dass die Ergebnisse tendenziell auch in der Realität zutreffen werden, die Ausprägungen der abhängigen Variablen aber unterschiedlich sein können. Bei der nachfolgend beschriebenen Studie werden Effekte dieser Art bewusst zu Grunde gelegt.

3. Untersuchungsmethodik

In einem Motorradfahr simulator wurden die Auswirkungen einer neuartigen Navigationsanzeige untersucht. Während bei herkömmlichen Navigationsinstrumenten die Richtungsinformationen über Pfeildarstellungen oder durch Symbole vermittelt werden, wurde bei dem in diesem Versuch verwendeten System auf derartige stilisierte Informationen verzichtet. Als Information zur Routenfindung diente dabei eine computergenerierte dynamische Darstellung der Umgebung mit fotorealistischen Bildinhalten. Die Umgebung wurde in einer Feldperspektive berechnet, allerdings war die Position der Navigationsanzeige verschieden von der Position der Versuchsperson. Es wurde eine voraus liegende Position verwendet, die auf einer zum Zielpunkt führenden Route lag. Die Aufgabe des Motorradfahrers sollte es sein, der angezeigten Position zum Ziel zu folgen. Dabei erfolgte die Steuerung der Vorausbewegung geschwindigkeitsabhängig. Akustische Informationen zum Navigieren wurden nicht präsentiert.

In dieser Studie wurden drei verschiedene Distanzen der Vorausbewegung verglichen. Abhängig von der aktuellen Fahrgeschwindigkeit wurden die Vorauspositionen auf der zu nehmenden Route ge-

wählt, die bei Beibehaltung der Geschwindigkeit nach drei, sechs oder neun Sekunden erreicht werden sollten. Die zweite unabhängige Versuchsvariable bildete der Faktor Betrachterhöhe in der Navigationsanzeige, die zwischen 1,8 m und 3,6 m variierte.

Die Probandenversuche wurden im Motorradfahrersimulator SAFE III durchgeführt, der an der Universität Wuppertal im Fachbereich Bauingenieurwesen, Maschinenbau, Sicherheitstechnik entwickelt wurde [14/]. Wesentliche Eigenschaften des für diese Studie aktualisierten Simulators sind ein reales Motorrad des Typs BMW K100 (Bild 1), ein kollimiertes Sichtsystem aus einem Flugsimulator, eine Messwerterfassung aller Bedieneingaben, eine echtzeitfähige Fahrdynamikberechnung, ein SGI Performer™ basiertes Grafiksysteem, eine mit MultiGen™ generierte Datenbasis, eine MIDI basierte Geräuschsimulation und eine TCP/IP basierte Vernetzung aller Komponenten.



Bild 1: Motorradfahrersimulator SAFE III

Ergänzt wurde der Simulator um ein zusätzliches Display, welches für den Fahrer schräg oberhalb des Armaturenbretts angeordnet war. Dieses Display diente als das Navigationsinstrument, welches über eine eigene Grafikworkstation frei programmierbar war (Bild 2).



Bild 2: Versuchsaufbau mit Navigationsinstrument

Die simulierte Umgebung bestand aus einem verschachtelten Straßennetz in einem 1,4 km x 1,6 km großen Areal. In der Landschaft konnten verschiedene Bereiche mit städtischem und ländlichem Charakter unterschieden werden. Alle Objekte und die Landschaftsdarstellung waren mit fotorealistischen Texturen versehen (Bild 3).

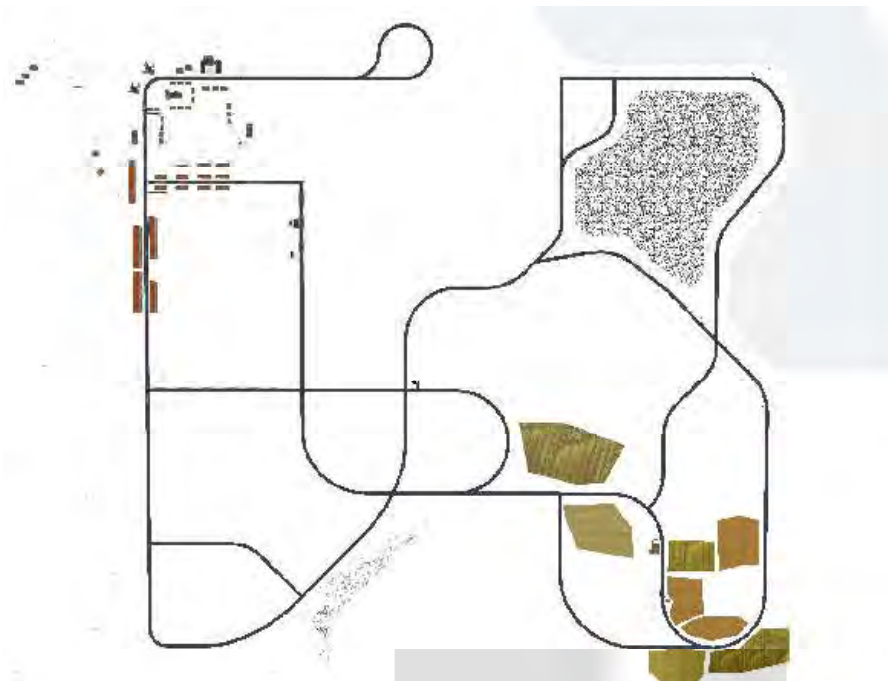


Bild 3: Schematische Darstellung der Umgebung aus der Vogelperspektive

An der Studie nahmen 48 Motorradfahrer/innen im Alter zwischen 17 und 47 Jahren teil. Der Versuchsablauf bestand, nachdem die Versuchspersonen zunächst ein paar Fragen zur Person beantwortet und eine Beschreibung des nachfolgenden Ablaufs gelesen hatten, aus einer rund acht Minuten dauernden Schulung, in der eine Gewöhnung an das Fahren im Simulator stattfand. Anschließend wurden zwei Versuchsfahrten durchgeführt, bei denen das Navigationsinstrument den Weg vom Start zum Zielpunkt weisen sollte. Die kürzeste über Straßen gefahrene Distanz zwischen Start- und Zielpunkt betrug rund 2946 m. Zum Schluss sollte während einer dritten Fahrt der Zielpunkt ohne Navigationsinstrument auf kürzester Strecke erreicht werden. Nach jeder Messfahrt wurde eine kurze Pause eingelegt, in der die Probanden Fragen zur vorangehenden Fahrt beantworten mussten. Insgesamt dauerte eine Versuchssitzung für eine Person etwa eine Stunde.

Folgenden Hypothesen sollten untersucht werden:

- A.) Die Distanzen in der Vorausposition der Navigationsanzeige beeinflussen das Fahrverhalten nicht.
- B.) Die Betrachterhöhen in der Navigationsanzeige beeinflussen das Fahrverhalten nicht.
- C.) Das Navigationsinstrument beeinflusst das Fahrverhalten nicht.

4. Ergebnisse der Navigationstests

Das vorliegende Versuchsdesign ist ein $3 \times 2 \times 3$ faktorielles Design mit den variierten Faktoren Distanz der Vorausbewegung (Faktor A), Betrachterhöhe in der Navigationsanzeige (Faktor B) und Versuchsfahrt (Faktor C). Eine Messwiederholung lag bei Faktor C vor.

4.1 Analyse der Fahrten mit eingeschalteter Navigationsanzeige

Mit eingeschaltetem Navigationsinstrument wurden zwei Messfahrten durchgeführt. Der Start- und Zielpunkt und die zu fahrende Route waren jeweils identisch, allerdings wurden die Probanden darüber nicht informiert. Die Messergebnisse der zwei Fahrten sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengestellt. Zur inferenzstatistischen Datenauswertung wurden nicht-parametrische Tests und Varianzanalysen durchgeführt. Die wesentlichen Testergebnisse für die Varianzanalysen sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 1: Analyse der Vorausposition bei Fahrten mit Navigationsanzeige
(Mittelwerte und Standardabweichung)

		Vorausposition der Navigationsanzeige		
		3 s	6 s	9 s
Korrekt bewältigte Wegknoten [Anzahl]	Fahrt 1	5,13 (1,93)	4,87 (1,09)	4,31 (1,53)
	Fahrt 2	6,00 (0,00)	5,63 (0,72)	5,19 (1,33)
Fahrstrecke [m]	Fahrt 1	3423 (751)	3602 (920)	4583 (2275)
	Fahrt 2	2952 (11)	3164 (515)	3327 (712)
Fahrzeit [s]	Fahrt 1	370 (83)	360 (118)	501 (343)
	Fahrt 2	291 (58)	298 (96)	294 (75)
Durchschnittsgeschwindigkeit [km/h]	Fahrt 1	33,9 (5,7)	36,8 (3,8)	34,9 (6,4)
	Fahrt 2	37,8 (6,9)	39,5 (4,6)	41,6 (7,2)
Stürze [Anzahl]	Fahrt 1	1,56 (1,63)	1,68 (1,70)	1,81 (1,87)
	Fahrt 2	1,38 (1,20)	1,31 (1,40)	1,00 (1,22)

Die Analyse des Faktors A (Vorausposition) führte zu dem Ergebnis, dass die Navigationsleistung bei kurzer Vorausposition besser ist als bei größeren Vorauspositionen (Tabelle 1). Es konnten signifikante Effekte bezüglich der Anzahl der korrekten Routenentscheidungen an Knotenpunkten und der insgesamt zurückgelegten Fahrstrecke festgestellt werden (Tabelle 3). Die Fahrsicherheit wurde durch den Faktor A nicht beeinflusst.

Tabelle 2: Analyse der Betrachterhöhen bei Fahrten mit Navigationsanzeige
(Mittelwerte und Standardabweichung)

		Betrachterhöhe in der Navigationsanzeige	
		1,8 m	3,6 m
Korrekt bewältigte Wegknoten [Anzahl]	Fahrt 1	4,63 (1,41)	5,00 (1,02)
	Fahrt 2	5,50 (1,06)	5,79 (0,66)
Fahrstrecke [m]	Fahrt 1	4102 (2015)	3636 (814)
	Fahrt 2	3196 (611)	3099 (417)
Fahrzeit [s]	Fahrt 1	442 (297)	378 (92)
	Fahrt 2	290 (79)	299 (75)
Durchschnittsgeschwindigkeit [km/h]	Fahrt 1	35,3 (5,8)	35,2 (5,2)
	Fahrt 2	41,0 (6,7)	38,3 (5,8)
Stürze [Anzahl]	Fahrt 1	1,96 (1,80)	1,41 (1,59)
	Fahrt 2	1,17 (1,20)	1,29 (1,27)

Die in der Navigationsanzeige variierte Betrachterhöhe hatte auf keines der verwendeten Messkriterien einen signifikanten Einfluss. Die in Tabelle 2 aufgeführten Unterschiede der Messwerte können nicht auf die Variation des Faktors B zurückgeführt werden.

Tabelle 3: Analyse der Gesamtfahrten mit Navigationsinstrument

	Faktor A: Vorausposition		Faktor B: Betrachterhöhe		Faktor C: Messfahrt		Interaktionen
	F-Wert (df=2)	Signifikanz	F-Wert (df=1)	Signifikanz	F-Wert (df=1)	Signifikanz	
Korrekt bewältigte Wegknoten	3,56	* 0,037	0,99	0,324	19,11	*** 0,000	Keine
Fahrstrecke	4,35	* 0,019	1,62	0,210	9,56	** 0,004	Keine
Fahrzeit	1,81	0,176	0,66	0,420	12,28	** 0,001	Keine
Durchschnittsgeschwindigkeit	1,15	0,327	0,92	0,343	23,49	*** 0,000	Keine
Stürze	0,03	0,975	0,36	0,554	2,88	0,097	Keine
Verlassen der Fahrbahn	1,75	0,186	2,75	0,105	4,73	* 0,035	Keine
Fahren auf der Gegenfahrbahn	2,27	0,116	0,19	0,663	6,99	* 0,011	Keine

(* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$)

Bei Vergleich der zwei nacheinander erfolgten Messfahrten konnte ein deutlicher Lerneffekt festgestellt werden. Die Navigationsleistung nahm zu, was sich durch weniger Abbiegefehler an den Wegknoten und kürzere Fahrstrecken ausdrückte. Die gefahrenen Durchschnittsgeschwindigkeiten stiegen trotzdem signifikant an. Die Fahrsicherheit wurde hinsichtlich der Anzahl der Stürze nicht beeinflusst. Allerdings trat ein Lerneffekt bezüglich der Fahrzeugführungstätigkeit auf der Bahnführungsebene ein, so dass während der zweiten Messfahrt seltener die korrekte Fahrspur verlassen wurde.

4.2 Vergleich der Fahrten mit und ohne Navigationsanzeige

Die dritte Messfahrt wurde mit ausgeschaltetem Navigationsinstrument durchgeführt. Die Probanden sollten mit Hilfe der vorher erworbenen Ortskenntnisse eigenständig den Weg vom Start zum Ziel finden. Es wurden wiederum die schon im vorhergehenden Abschnitt betrachteten Versuchsvariablen zur statistischen Datenauswertung herangezogen. Die deskriptive Datendarstellung erfolgt in Tabelle 4. Anschließend wird mit Hilfe einer inferenzstatistischen Auswertung in Tabelle 5 auf einen möglichen Einfluss der Darstellungsparameter des Navigationsinstruments eingegangen.

Tabelle 4: Analyse der Fahrten mit und ohne Navigationsanzeige (Mittelwerte und Standardabweichung)

	Fahrt 1: Navigationsanzeige an	Fahrt 2: Navigationsanzeige an	Fahrt 3: Navigationsanzei- ge aus
Korrekt bewältigte Wegknoten	4,77 (1,26)	5,60 (0,92)	4,33 (1,59)
Fahrstrecke [m]	3869,07 (1538,61)	3147,74 (520,02)	4784,02 (2512,45)
Fahrzeit [s]	410,00 (220,13)	294,42 (76,35)	397,45 (179,04)
Durchschnittsgeschwindigkeit [km/h]	35,22 (5,43)	39,62 (6,41)	43,33 (7,61)
Stürze [Anzahl]	1,69 (1,70)	1,23 (1,22)	1,19 (2,24)

Aus Tabelle 4 wird ersichtlich, dass die Navigationsleistung sich deutlich verschlechtert, wenn das Navigationsinstrument wieder ausgeschaltet wird. Die Probanden hatten durch die zwei vorhergehenden Fahrten auf der rund drei Kilometer langen Strecke noch keine ausreichenden Ortskenntnisse erworben, um sicher das Ziel auf dem kürzesten Weg zu erreichen. Auffallend ist eine deutliche Zunahme der Durchschnittsgeschwindigkeit bei ausgeschaltetem Navigationsinstrument. Die Fahrsicherheit, ausgedrückt durch die Anzahl der Stürze, wurde nicht negativ beeinflusst. Dieses Kriterium konnte aufgrund des vorliegenden Versuchsdesigns allerdings nicht weiter aufgeschlüsselt werden, da eine Überlagerung der Auswirkungen des Navigationsinstruments mit einem generellen Lerneffekt im Simulator vorlag.

Tabelle 5: Analyse der Fahrt ohne Navigationsinstrument

	Faktor A: Vorausposition		Faktor B: Betrachterhöhe		Interaktion: A x B	
	F-Wert (df=2)	Signifikanz	F-Wert (df=1)	Signifikanz	F-Wert (df=2)	Signifikanz
Korrekt bewältigte Wegknoten	0,15	0,865	0,28	0,603	0,48	0,621
Fahrstrecke	0,17	0,841	0,04	0,844	1,17	0,321
Fahrzeit	0,44	0,647	0,14	0,716	1,34	0,272
Durchschnittsgeschwindigkeit	1,41	0,256	0,03	0,866	0,04	0,996
Stürze	2,03	0,144	2,28	0,138	0,19	0,831

(* p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001)

Die inferenzstatistische Datenanalyse zeigt für die Messfahrt ohne Navigationsinstrument, dass diese nicht durch die vorher verwendeten Darstellungsparameter des Navigationsinstruments beeinflusst wurde.

4.3 Analyse der erworbenen Ortskenntnisse

Nach jeder Versuchsfahrt wurde mittels Fragebogen das erworbene Navigationswissen getestet. Durch verschiedene Bildertests wurde überprüft, ob Objekte aus der Landschaft von nicht vorkommenden Objekten korrekt unterschieden werden konnten. Diese Tests lieferten das Ergebnis, dass die variierten Faktoren Vorausposition ($F_{(2;42)}=1,198$, $p=0,312$) und Betrachterhöhe ($F_{(1;42)}=0,021$, $p=0,885$) keine signifikanten Einflüsse auf das Landmarkenwissen hatten und dass keine Interaktion vorlag ($F_{(2;42)}=1,913$, $p=0,160$).

Bei einem weiteren Bildertest wurden einzelne Wegabschnitte aus verschiedenen Perspektiven (Feldperspektive, Vogelperspektive schräg nach unten, Vogelperspektive senkrecht nach unten) gezeigt. Es wurde ebenfalls überprüft, ob Routenabschnitte aus der verwendeten Umgebung von solchen aus einer nicht verwendeten Umgebung unterschieden werden konnten. Der Faktor Vorausposition hatte keinen Einfluss auf dieses Kriterium ($F_{(2;42)}=0,520$, $p=0,598$). Es konnte aber ein signifikanter Einfluss der Betrachterhöhe festgestellt werden ($F_{(1;42)}=4,888$, $p=0,033$) mit dem Effekt, dass die Verwendung der Betrachterhöhe von 1,8 m zu besseren Testergebnissen führte als die Höhe von 3,6 m.

5. Zusammenfassung

Die Untersuchungshypothesen können wie folgt bestätigt oder widerlegt werden:

- A.) Die Distanzen der Vorausposition der Navigationsanzeige beeinflussen bei eingeschaltetem Assistenzsystem die Navigationsleistung. Bei den vorliegenden Versuchsbedingungen förderte eine relativ kurze Vorausposition das sichere Navigieren. Die Fahrsicherheit und die erworbenen Ortskenntnisse werden durch diesen Faktor nicht bedeutsam verändert.
- B.) Die Betrachterhöhen in der Navigationsanzeige beeinflussen nicht das Fahrverhalten. Die erworbenen Ortskenntnisse sind besser, wenn die Höhe der Perspektive von Fahrer und Navigationsanzeige übereinstimmen.
- C.) Das Navigationsinstrument verbessert die Navigationsleistung. Es tritt ein Lerneffekt beim Navigieren und in Bezug auf die Fahrsicherheit auf.

Eine Aufschlüsselung des beobachteten Lerneffekts auf die Vorgänge des Erlernens der Bedienung des Fahrsimulators und die Benutzung des eingesetzten Navigationsinstruments war bei der vorliegenden Studie nicht möglich. Diese Lernsituation ist aber durchaus vergleichbar mit der ähnlichen Situation im realen Straßenverkehr, wenn von einem Fahrer erstmals ein neuartiger ungewohnter Motorradtyp gefahren wird. Eine Konsequenz aus dieser Studie ist daher die Empfehlung, ein Navigationsinstrument an einem Fahrzeug erst dann zu benutzen, wenn eine Gewöhnung an dieses Fahrzeug stattgefunden hat.

Insgesamt betrachtet ist festzustellen, dass das untersuchte Assistenzsystem das Navigieren in einer Umgebung erleichtern kann. Es konnte nachgewiesen werden, dass die geänderten Variablen Voraussetzung und Betrachterhöhe Einflüsse auf verschiedene Bewertungskriterien hatten. Eine situationsangepasste Auswahl der dargebotenen Informationen erscheint deshalb sinnvoll. Es sind aber noch weitere Untersuchungen zu dieser Thematik notwendig, die unter anderem auch auf die situationsabhängige mentale Belastung und Beanspruchung des Fahrers Rücksicht nehmen.

6. Literatur

- (1) Schlender, D. (2006), *Multimediale Informationssysteme zum Vermitteln von kognitivem Navigationswissen*. Habilitationsschrift, eingereicht an der Bergischen Universität Wuppertal, Fachbereich Bauingenieurwesen, Maschinenbau, Sicherheitstechnik. Bisher nicht veröffentlicht.
- (2) Siegel; A.W.; White, S.H. (1975), *The developmental of spatial representations of large-scale environments*. New York: Academic Press.
- (3) Steck, S.D. (2000b), *Integration verschiedener Informationsquellen bei der Navigation in virtuelle Umgebungen*. PhD. Thesis. Eberhard-Karls-Universität Tübingen. Tübingen: U1-Medienverlag.
- (4) Tan, D.S.; Robertson, G.G.; Czerwinski, M. (2001), Exploring 3D Navigation: Combining Speed-coupled Flying with Orbiting. In *CHI 2001 Conference on Human Factors in Computing Systems* (S. 418-425). Seattle, WA.
- (5) Neale, D.C. (1997), Factors influencing spatial awareness and orientation in desktop virtual environments. In: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 41st Annual Meeting* (S. 1278-1282).
- (6) Werner, S. (2002b), Cognitive Reference Systems and Their Role in Designing Spatial Information Displays. *Künstliche Intelligenz* 4: 10-13.
- (7) Presson, C.C.; DeLange, N.; Hazelrigg, M.D. (1989), Orientation Specificity in Spatial Memory: What Makes a Path Different From a Map of the Path? *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory, and Cognition* 15(5): 887-897.
- (8) Lee, P.U.; Klippel, A.; Tappe, H. (2003), The Effect of Motion in Graphical User Interfaces. In: Butz, A. et. Al. (Hrsg.). *Smart Graphics 2003* (S. 12-21). Berlin: Springer-Verlag.
- (9) Herrmann, Th.; Schweizer, K. (1998), *Sprechen über Raum*. Sprachliches Lokalisieren und seine kognitiven Grundlagen. Bern: Huber.
- (10) Lee, P.U. (2002), *Costs of Switching Perspectives in Route and Survey Descriptions*. Dissertation. Department of Psychology. Stanford University.

- (11) Jackson, P. (1996), How will route guidance and navigation systems affect cognitive maps? *Proceedings of PTRC, the 23rd European Transport Forum*. 11th-15th Sept. 1995 Warwick University, UK.
- (12) Stanton, N.A.; Salmon, P.M.; Walker, G.H.; Baber, C.; Jenkins, D.P. (2005), *Human factors methods: a practical guide for engineering and design*. Hampshire, England: Ashgate.
- (13) Godley, S.T.; Triggs, T.J.; Fildes, B.N. (2002), Driving simulator validation for speed research. *Accident Analysis and Prevention* 34: 589-600.
- (14) Blind, L.; Schlender, D.; Scholz, St.; Peters, O.H. (1997), Virtuelle Realität in Ausbildungssimulatoren – Exemplarische Untersuchung zum Einsatz virtueller Bedienelemente in der Fahrsimulation. In: (Möller, R. (Hrsg.), Tagungsband: 5. *Workshop Sichtsysteme - Visualisierung in der Simulationstechnik*, Wuppertal, 20./21. November 1997. Aachen: Shaker Verlag.

**Beitrag zum Qualitätsmerkmal
Aktive Sicherheit von Motorradschutzhelmen**

**Contribution for characteristic of quality:
Active safety of motorcycle helmets**

Florian Schueler, Thorsten Adolph, Iunio Ionescu, Karsten Steinmann
Institut für Rechts- und Verkehrsmedizin / TBU
Universitätsklinikum Heidelberg

Gerd Janke, Jörg Rothhämel, Oliver Schimpf
Fa. Schuberth, Magdeburg

Rainer Krautscheid
Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach

Kurzfassung

Die vorliegende Studie befasst sich mit der Untersuchung der aktiven Sicherheit von Motorradschutzhelmen. Es wurden auf einander abgestimmte Messungen in den Untersuchungsfeldern Aeroakustik, Aerodynamik, Temperaturverhalten (Belüftungssystem) und psychophysiologische Leistungs- und Befindlichkeitsparameter (Elektrokardiogramm, Elektromyogramm, elektrodermale Aktivität) sowohl in einem Windkanal und als auch in Form systematischer Fahrversuche (Messfahrten) durchgeführt. Grundsätzlich wurden die Messungen in den drei Geschwindigkeitsbereichen 80, 120 und 160 km/h mit einem unverkleideten Motorrad der Mittelklasse (650 ccm, ABS) absolviert. Untersuchungsgegenstand waren hierbei 12 unterschiedliche, entsprechend ausgewählte, aktuelle ECE-R 22.05 geprüfte Helme.

Während auftretende Halskräfte mit einem Kraftmessroboter (dreiaxsig) erfasst wurden, diente eine Messpuppe mit Head Acoustic Kunstkopf zur Aufzeichnung von Schalldruckpegeln. Eine identische Akustikmesskette konnte in Verbindung mit In-Ear Mikrofonen bei den Messfahrten eingesetzt werden. Die psychophysiologischen Parameter wurden mittels einer mobilen, achtkanaligen Messkette und entsprechend adaptierten Modulen erfasst.

Mit der gleichen Messkette wurden die Temperaturverläufe mittels sieben Temperatursensoren (davon ein Referenzwertgeber) zwischen Kopfoberfläche und Helminnenen registriert. Der Helmaufbau wurde computertomographisch und zerlegend untersucht.

Auf der Grundlage der Ergebnisse können folgende Empfehlungen bezüglich der aktiven Helmsicherheit gemacht werden:

Aeroakustik: Die Messungen lassen Gehör schädigende Schalldruckpegel (Maximalwerte 114 dB(A)) erkennen.

Aerodynamik: Bei einer Geschwindigkeit von 160 km/h wurden Werte für die Auftriebskraft (z-Richtung) zwischen 13 und 28 N ermittelt; für die Widerstandskraft (x-Richtung) solche zwischen 29 und 40 N. Ein akuter Bedarf an Anforderungsformulierungen wurde nicht erkennbar.

Temperatur und Belüftungssystem: Maximaltemperaturen waren nicht höher als 36°C. Nur bei fünf Helmen war unmittelbar nach Öffnen der Belüftung ein Kühleffekt messbar. Anhand identifizierter Funktionsdefizite und Gestaltungsfehler von Belüftungssystemen konnten Verbesserungshinweise abgeleitet werden.

Abstract

A new active safety assessment study concerning motorcycle helmets was undertaken. Measurements in the fields of aeroacoustics, aerodynamics, temperature behaviour (ventilation system) of helmets and individual psychophysiological performance and behaviour data (electrocardiogram, electromyogram, electrodermal activity) were completed using a wind tunnel as well as by means of motorcycle test and measurement rides in public traffic. The measurements were recorded and documented generally at three speed levels of 80, 120 and 160 km/h (50, 75, 99 mph). One type of motorcycle (naked bike, midsize 650 ccm, ABS) was used in this study in which 12 different ECE-R 22.05 certified motorcycle helmets were selected as source for results.

The measurement included neck forces (triaxial) using a particular force measurement dummy; sound measurements using an acoustic head dummy with microphones, whereas the sound measurement equipment with in-ear microphones was applicable to the project drivers as well. To gain results concerning individual performance and behaviour parameters, an autonomous micro-sized 8-channel central unit with adapted modules was used.

The same equipment served for temperature measurements with 7 temperature sensors (reference included) fitted on the head under the helmet. The helmets were firstly analysed according to our computer tomography protocol and afterwards by doing a destructive examination.

From these results recommendations were listed to optimize active helmet safety:

Aeroacoustics: The measurements (max. values 114 dB(A)) indicate a significant danger of noise-induced ear damages.

Aerodynamics: At a speed of 160 km/h characteristic values are: for the lifting force (z-direction) between 13 and 28 N, for the resistibility force (x-direction) between 29 and 40 N. No obvious need for immediate recommendations was found.

Temperature and ventilation systems: Maximum temperature did not exceed 36°C. In only five helmets a direct cooling effect was measurable when switching the ventilation system. From identified malfunctions and design defaults of the ventilation systems considerations for an improvement could be derived.

Beitrag zum Qualitätsmerkmal
Aktive Sicherheit von Motorradhelmern

1 Einleitung

Forschungsarbeiten unter der Zielsetzung der Verminderung oder Vermeidung von Verletzungsfolgen bei Straßenverkehrsunfällen sind seit jeher Schwerpunkt der wissenschaftlichen Untersuchungen am Institut für Rechtsmedizin und Verkehrsmedizin, Universitätsklinikum Heidelberg gewesen.

In jüngerer Zeit wurden Projektbearbeitungen zunehmend unter Fragestellungen nach der Vermeidung des Unfallereignisses an sich, d. h., dass zunehmend die aktive Verkehrssicherheit und somit die aktive Fahrzeugsicherheit, die aktive Sicherheit persönlicher Schutzausrüstung und die persönliche Fahrersicherheit von Fahrzeuglenkern unter ingenieurwissenschaftlichen und verkehrsmedizinischen Aspekten zum Gegenstand von Untersuchungen.

Hierbei nehmen Unfälle motorisierter Zweiradfahrzeuge eine Sonderstellung ein und gewinnen an Bedeutung, da diese sich – relativ gesehen – weniger rückläufig entwickeln als andere Unfallarten, bezüglich derer die getroffenen Maßnahmen zur Reduzierung der Zahl der Verkehrstoten effizienter greifen.

Zur weiteren Verbesserung der Straßenverkehrssicherheit hat die Europäische Gemeinschaft ein neues Aktionsprogramm für die Straßenverkehrssicherheit (2003-2010) angenommen. Gleichzeitig dient die Europäische Charta für die Straßenverkehrssicherheit der Förderung der wirksamsten Maßnahmen, um die Anzahl der Unfälle auf europäischen Straßen zu reduzieren. Ziel ist es, die Zahl der Verkehrstoten bis 2010 um mindestens 50 % zu senken.

Vor diesem Hintergrund – der Erhöhung der Sicherheit beim Motorradfahren – erfolgten die Untersuchungen zum Qualitätsmerkmal „aktive Sicherheit“ von Motorradschutzhelmen, die im Wesentlichen im Rahmen eines Forschungsprojektes der Bundesanstalt für Straßenwesen (bisher unveröffentlichter Projektbericht BASt FE 82.0271 / 2004) durchgeführt wurden.

Motorradfahren an sich stellt durch komplexe Regelungsaufgaben im System Mensch-Maschine-Umwelt bereits hohe Anforderungen an den Fahrer. Je nach Fahrsituation und Fahrgeschwindigkeit können Einflussgrößen wie Lärmpegel und Frequenzspektren, Strömungseffekte, dynamische Haltekraft sowie unzulängliche Belüftung bei der Benutzung von Motorradhelmen insbesondere das Gehör, die Halsmuskulatur und die klimatische Befindlichkeit von Motorradfahrern in Abhängigkeit individueller Gegebenheiten unterschiedlich stark belasten.

Demgegenüber ist die nachhaltige Erhaltung von Kondition und Konzentration wesentlich für die aktive Fahr- und Verkehrssicherheit beim Führen von Motorrädern aller Art.

Derzeitige Schutzhelme bieten ein untersuchenswertes Verbesserungspotential bzgl. der aeroakustischen, aerodynamischen sowie innenklimatischen Helmeigenschaften, dessen Identifizierung einen wesentlichen Beitrag zur Erhaltung der Fahrtüchtigkeit und somit der aktiven Fahr- und Verkehrssicherheit erbringen kann. Hierbei ist zu beachten, dass ein spezifischer Informationsfluss (z. B. akustische Zeichen wie Sondersignale) aus dem Verkehrsumfeld sicher gestellt sein muss (§ 23 StVO).

2 Methode

Im Rahmen der Projektbearbeitung wurden systematische Untersuchungen an projektdienlich ausgewählten, ECE-R 22.05 geprüften Helmmodellen unterschiedlicher Bauformen (Integral-, Klapp-, Jet- und Crosshelm) und unterschiedlicher Preiskategorien durchgeführt.

So wurden aeroakustische und aerodynamische Eigenschaften, die Helminnentemperatur sowie psychophysiologische Parameter bei verschiedenen Geschwindigkeiten (80, 120, 160 km/h) im Labor und in abgestimmten systematischen Fahrversuchen (Messfahrten) an Versuchspersonen (Vpn) in Fahrerposition messtechnisch erfasst und ausgewertet.

Die Laborversuche wurden in Zusammenarbeit mit der Firma Schubert, Magdeburg, in deren Akustikwindkanal in Braunschweig durchgeführt. Die Messfahrten erfolgten im öffentlichen Straßenverkehr auf einer ca. 20 Kilometer langen Teststrecke auf Landes- und Bundesstraßen sowie Autobahnabschnitten.

Zur Durchführung der Versuche im Labor wie auch der Messfahrten wurde als Projektfahrzeug ein unverkleidetes Motorrad der Mittelklasse (Suzuki Bandit 650) mit ABS eingesetzt. Zur Durchführung ergänzender Versuchsreihen kam derselbe Motorradtyp, jedoch mit Teilverkleidung zum Einsatz.

Die aeroakustischen Eigenschaften (Helminnengeräusche) der Projekthelme wurden zunächst im Windkanal mittels eines HEAD-acoustics Kunstkopfes einer Messpuppe sowie an Versuchspersonen mit zwei „In-ear“ Messmikrofonen gemessen und sodann während Messfahrten im Straßenverkehr (s. o.) untersucht, siehe hierzu (Janke G. et al. 2005).

Die Messung der Helminnengeräusche erfolgte in unterschiedlichen Sitzpositionen vorzugsweise bei einer Fahrgeschwindigkeit von 120 km/h, aber auch bei Geschwindigkeiten von 80 und 160 km/h. Die erzeugten Akustikdateien (Abbildung 6) wurden hinsichtlich Frequenzgang und Schalldruckpegel analysiert.

Aeroakustische Untersuchungen von Motorradhelmen wurden schon in der Vergangenheit mit verschiedenen Schwerpunkten durchgeführt. Mit der Wahrnehmbarkeit bzw. Lokalisation akustischer Warnsignale des behelmteten Motorradfahrers beschäftigten sich u. a. van Moorhem et al. (1981), Mc Knight und Mc Knight (1995) Binnington et al. (1993) sowie Aldmann et al. (1981 u. 1983). Mit der Effektivität von unter dem Helm zu tragenden Gehörschutz sowie Gehörschäden bei professionellen Motorradfahrern durch zu hohe Schalldruckpegel im Helm beschäftigten sich neben anderen Mc Combe et al. (1992 u. 1993).

Die aerodynamischen Eigenschaften wurden im Windkanal mit einem auf dem Projektfahrzeug installierten, computergesteuerten Kraftmessroboter in verschiedenen Kopfpositionen evaluiert. Dabei wurden die Halskräfte in einem kartesischen Koordinatensystem registriert und gespeichert. Windkanal-

versuche mit ähnlicher Zielsetzung wurden schon Mitte der 70er, Anfang der 80er Jahre von van Faassen u. Stassen (1976) sowie Heyl (1981) durchgeführt.

Sowohl während der Messungen im Windkanal, als auch bei den Messfahrten wurden an den Versuchspersonen mittels einer mobilen, achtkanaligen Messkette psychophysiologische Leistungs- und Befindlichkeitsparameter (PPLBP) erfasst und aufgezeichnet, siehe auch Abbildung 1. Diese waren im Einzelnen Elektrokardiogramm (Pulsfrequenz, Sinusarrhythmie), Elektromyogramm, Elektrodermale Aktivität sowie die Helminnentemperatur. Grundlagen der Psychophysiologie werden u. a. von Schandry (1998) umfassend wiedergegeben; psychophysiologische Befindlichkeitsparameter an Versuchspersonen in Kraftfahrzeugen wurden auch von Schueler et al. (2003) messtechnisch ermittelt.



Abbildung 1: Messkette zur Erfassung psychophysiologischer Parameter



Abbildung 2: Position der Elektroden zur EMG Messung, rechte Seite

Die Elektroden für die EMG Messung wurden so angebracht, dass das Aktionspotential des Musculus sternocleidomastoideus erfasst wurde (Abbildung 2). Dieser Muskel wird unter den gegebenen Bedingungen hauptsächlich zur Beibehaltung der Kopfposition bei hohen Geschwindigkeiten beansprucht. Die EMG Messungen lagen in einem Wertebereich zwischen 6 und 157 μV rms.

Zur Analyse der Helminnentemperatur und Untersuchung der Effizienz der Helmbelüftung wurden bei den Messfahrten anfänglich drei, später sechs in einer unter dem Helm applizierten Netzkappe integrierte Temperatursensoren sowie ein Außentemperatursensor als Referenzwertgeber eingesetzt. Studien zum Einfluss der Luftfeuchte, bzw. der Verdunstung im Helm wurden von Jung (1985) und Brühwiler (2003) durchgeführt.

Zur Darstellung der Helmkonstruktion und der Helmkomponenten, wurde jeweils ein Exemplar jeden Helmtyps computertomographisch (Abbildung 3), siehe auch Schueler et al. (2006) und zerlegend (Abbildung 4) im Labor untersucht. Hauptziel der Laboruntersuchung der Projekthelme war die Darstellung der Gestaltung des Be- und Entlüftungssystems; vor jeder Untersuchung erfolgte eine Beschreibung des Helmes und seiner Bestandteile.

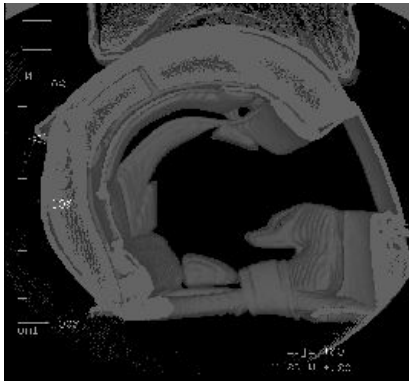


Abbildung 3: Computertomographie 3D



Abbildung 4: Übersichtsaufnahme Helmzerlegung

3 Datenbasis

Die einzelnen Messmedien, Arten der Messung sowie die gewählten Geschwindigkeitsstufen der Windkanalversuche und der systematischen Fahrversuche sind in der nachfolgenden Übersicht zusammengestellt.

	Messmedium	Art der Messung	Geschw. (km/h)
Windkanal Versuche	Akustikmesspuppe	Geräuschemessungen	80, 120, 160
	Kraftmessroboter	Kraftmessungen in x-, y und z-Richtung	80, 120, 160
	Versuchspersonen	Geräuschemessungen	80, 120, 160
	Versuchspersonen	Psychophysiologische Messungen (EKG; EMG; EDA; Temperatur)	80, 120, 160

		Messmedium	Art der Messung	Geschw. (km/h)
Systematische Fahrversuche	Teil 1	Versuchspersonen	Geräuschmessungen Psychophysiologische Messungen (EKG; EMG; EDA; Temperatur)	80, 120, 160
	Teil 2	Versuchspersonen	Psychophysiologische Messungen (Temperatur)	80
	Teil 3	Versuchspersonen	Psychophysiologische Messungen (EMG)	120, 160, 180

Während die aerodynamischen und die elektromyographischen Messungen überwiegend bei einer Versuchsgeschwindigkeit von 160 km/h und mehr vorgenommen wurden, erfolgten die Temperaturmessungen unter dem Helm vorzugsweise bei 80 km/h mit Standphasen.

4 Auswertung und Diskussion

4.1 Aeroakustik

In Abbildung 5 ist eine vergleichende Übersicht aller Helme der mit der Akustikmesspuppe ermittelten Schalldruckpegel im Windkanal bei den Geschwindigkeiten 80, 120 und 160 km/h wiedergegeben.

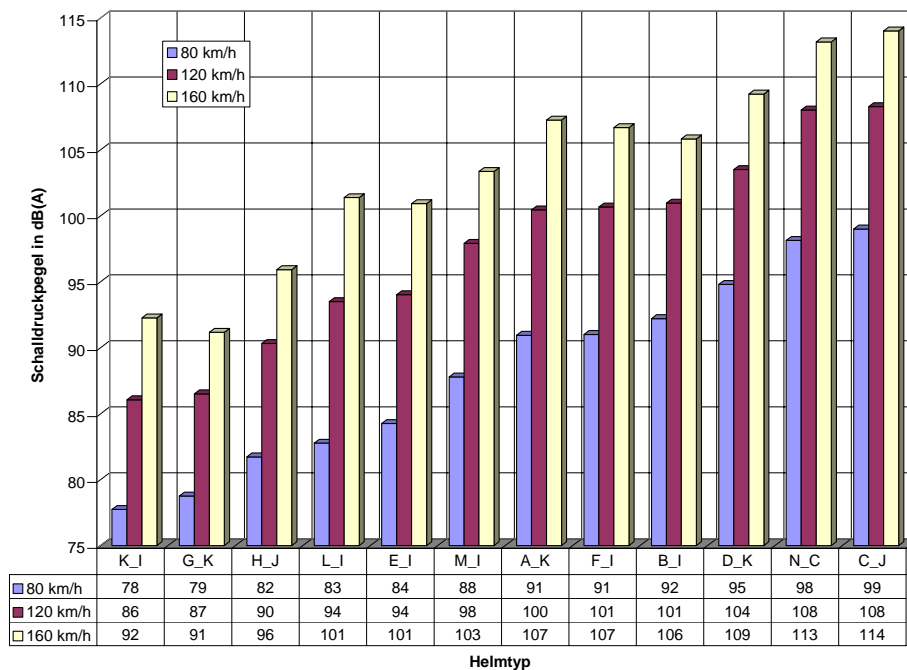


Abbildung 5: Schalldruckpegel an Messpuppe im Windkanal bei 80, 120 und 160 km/h

Bereits bei einer *Fahrgeschwindigkeit von 80 km/h* wurden an einigen Projekthelmen Schalldruckpegel bis 99 dB(A) und somit oberhalb des physiologisch vertretbaren Bereiches einer Gehörbelastung ermittelt.

Bei *Fahrgeschwindigkeiten von 120 km/h* lagen die ermittelten Schalldruckpegel aller Einzelmessungen zwischen 86 und 108 dB(A), was anschaulich dem Mindestschalldruckpegel eines Martinshorns aus 3,5 m Entfernung (110 dB(A)) entspricht.

Die „lautesten“ Helme der Messungen bei 120 km/h waren erwartungsgemäß der Jethelm sowie der Crosshelm, gefolgt aus der Gruppe der Klapphelme von einem Helm mit 104 dB(A) und aus der Gruppe der Integralhelme von einem Helm mit 101 dB(A).

Der Helm mit dem niedrigsten gemessenen Schalldruckpegel 86 dB(A) liegt bereits in einem Bereich, in dem bei entsprechender Expositionszeit Gehörschäden nicht auszuschließen sind.

Bei einer *Fahrgeschwindigkeit von 160 km/h* wurden unter den Projekthelmen Schalldruckpegel zwischen 92 dB(A) und 114 dB(A) gemessen, was anschaulich dem Startgeräusch eines Flugzeug (GA, Kolbenantrieb) aus 10 m Entfernung (115 dB(A)) entspricht. Auch bei dieser Fahrgeschwindigkeit wurden die Maximalwerte bei dem Jet- und bei dem Crosshelm ermittelt.

Der bereits bei 120 km/h „lauteste“ Helm aus der Gruppe der Klapp- und Integralhelme wies hier einen Schalldruckpegel von 109 dB(A) auf. Entsprechende Werte lagen bei dem (bereits bei 120 km/h) „leisesten“ Klapphelm bei 92 dB(A), also einem Schalldruckpegelunterschied von 17 dB(A).

Eine Geschwindigkeitszunahme von 80 auf 120 km/h brachte eine mittlere Schalldruckpegelsteigerung von ca. 9 dB(A), eine Geschwindigkeitszunahme von 120 auf 160 km/h eine solche von ca. 6 dB(A).

Sowohl bei 120 als auch bei 160 km/h lagen die mit der Messpuppe gemessenen Werte bei vielen Helmen über den Werten der Versuchspersonen.

Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass einige Helme bzgl. der Messpuppe keine hinreichende Passgenauigkeit aufwiesen.

Die Messwerte der Versuchspersonen lagen unabhängig von den Versuchsgeschwindigkeiten bei den Messfahrten bei fast allen Projekthelmen wegen ungünstiger Anströmung der Helme geringfügig über den im Windkanal ermittelten Werten.

Das Motorengeräusch des Projektmotorrads dürfte als Erklärung für die höheren Schalldruckpegel bei den Messfahrten weitgehend auszuschließen sein, siehe auch Hüttenbrink (1982) sowie Lower M.C. et al. (1994 und 1996).

Die Schalldruckpegel und die Frequenzspektren in Abhängigkeit von der Sitzposition eines Helmes werden in Abbildung 6 bei einer Geschwindigkeit von 120 km/h dargestellt. Auf der linken Seite der Abbildung ist zu erkennen, dass die Schalldruckpegel bei diesem Helm um fast 10 dB(A) ansteigen, wenn der Abstand zwischen Helm und Düse um ca. 30 cm kleiner wird (Bewegung der Versuchsperson entsprechend Bildsequenz in Abbildung 6). Auf der rechten Seite der Abbildung sind die Frequenzspektren dieser Messungen wiedergegeben.

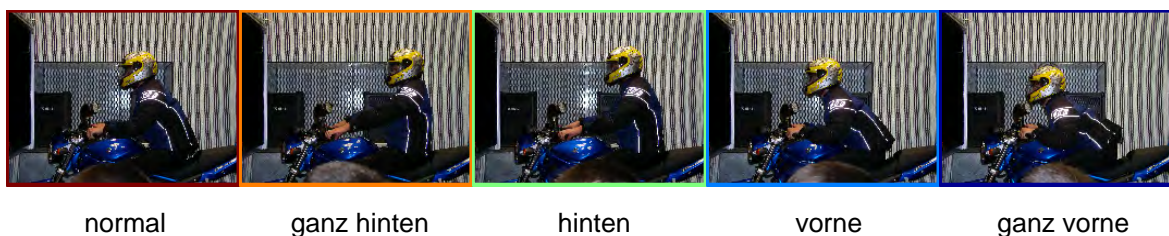
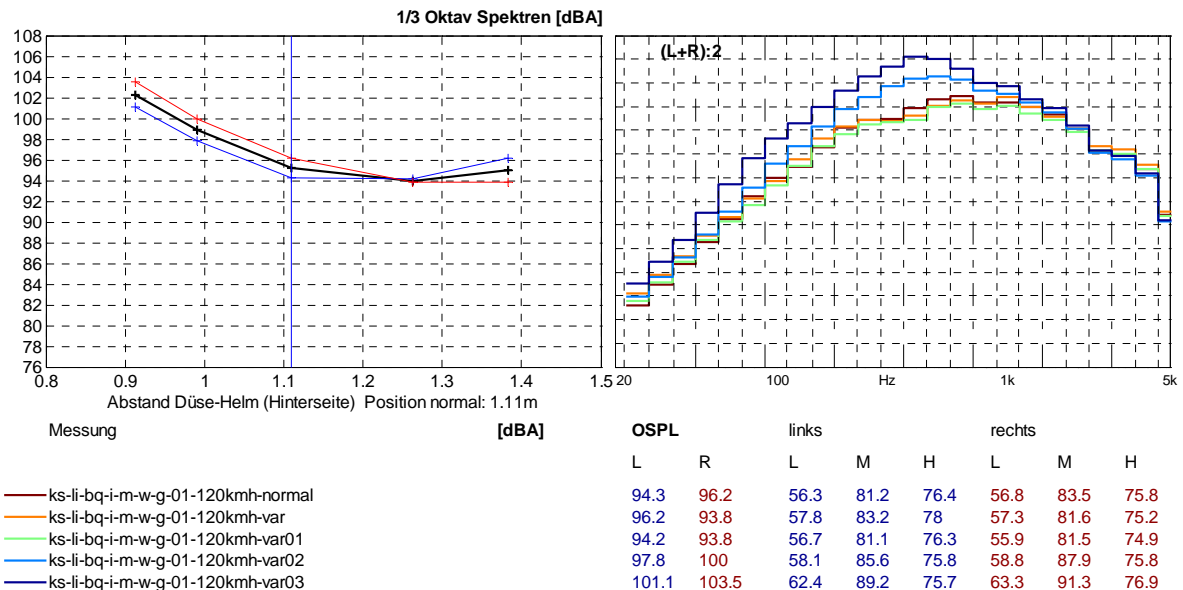


Abbildung 6: Frequenzspektren in Abhängigkeit der Sitzposition

4.2 Aerodynamik

Die Messungen mittels des Kraftmessroboters ergaben Kräfte in drei Raumrichtungen bei unterschiedlichen Kopfpositionen (siehe unten). Vorteilhaft bei Messungen mit dem Kraftmessroboter ist die Reproduzierbarkeit der gesamten Anordnung einschließlich der genauen Kopfpositionen.

In Abbildung 7 ist für einen Helm der Kraftverlauf bei einer Geschwindigkeit von 160 km/h exemplarisch dargestellt. Vom Kraftmessroboter wurden die nachfolgend aufgeführten 10 Kopfpositionen

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| 1: <i>Grundposition</i> | 6: Blick rechts |
| 2: Blick links | 7: <i>Grundposition</i> |
| 3: Blick links gehoben | 8: Spiegelblick links |
| 4: Grundposition gehoben | 9: Spiegelblick rechts |
| 5: Blick rechts gehoben | 10: <i>Grundposition</i> |

zur Messung für jeweils zwei Sekunden angefahren.

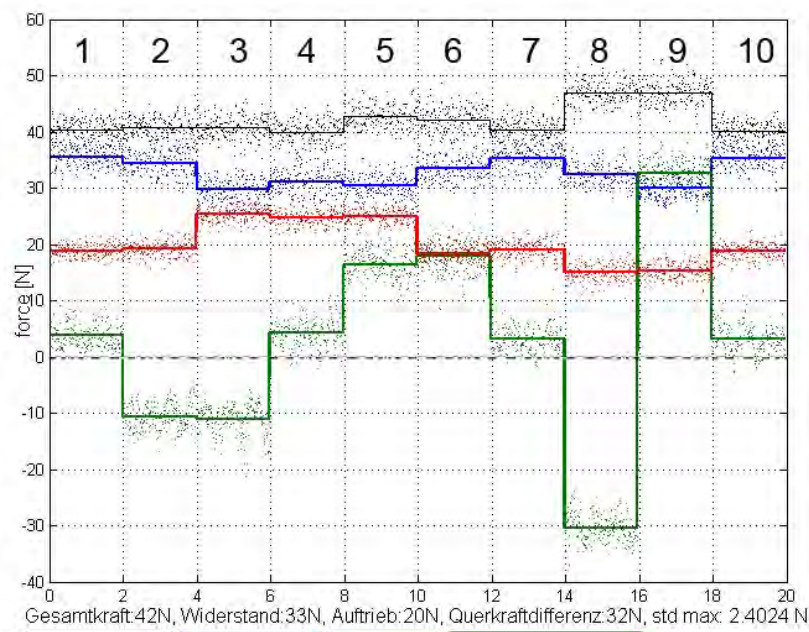


Abbildung 7: Messwerte Kraftmessroboter, 10 Positionen, $v=160\text{km/h}$

Ein Vergleich der Messungen in den Positionen 1, 7 und 10 (jeweils Grundposition) lässt eine gute Reproduzierbarkeit innerhalb der Messequenz erkennen. Die Auftriebskraft steigt bei gehobener Kopfposition. Im Gegensatz dazu fällt die Widerstandskraft bei der gehobenen Kopfposition ab. Die Seitenkraft steigt bei Kopfdrehungen an, insbesondere beim Spiegelblick (Position 8 und 9).

Bei den unter der Abbildung genannten Werten handelt es sich um Mittelwerte, wobei der Mittelwert der Seitenkräfte lediglich aus der Mittelung der Betragswerte von Position 8 und 9 gebildet und als Querkraftdifferenz bezeichnet wird.

Eine Übersicht zu den am Kraftmessroboter ermittelten Kräften der Projekthelme ist in Abbildung 8 wiedergegeben. Die Anordnung erfolgt nach steigenden Messwerten der Widerstandskraft.

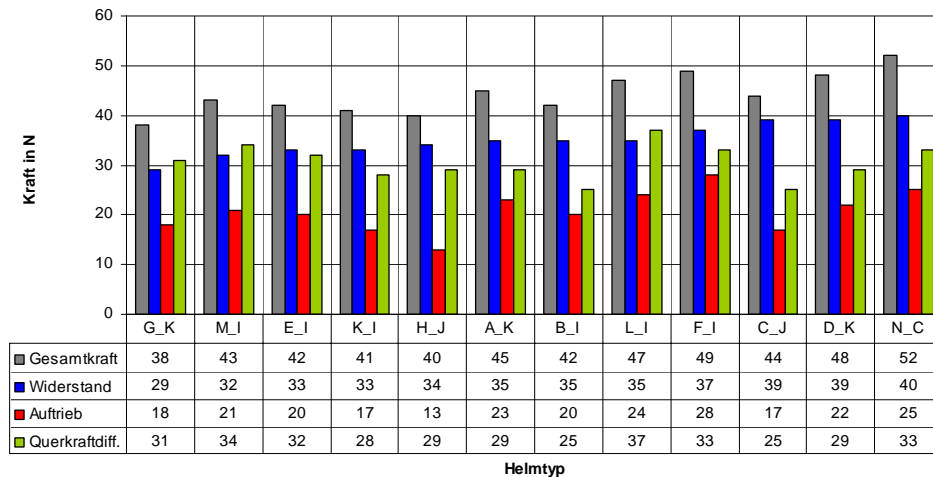


Abbildung 8: Kraftmessroboter bei 160 km/h; angeordnet nach Widerstandskraft

Für die einzelnen Komponenten ergaben sich bei einer Strömungsgeschwindigkeit im Windkanal von 160 km/h:

- Widerstandskräfte (x-Richtung) zwischen 29 N und 40 N;
- Auftriebskräfte (z-Richtung) zwischen 13 und 28 N und für die
- Querkräfte (y-Richtung) zwischen 25 N und 37 N (Mittelwert der Betragswerte).

Bei 160 km/h lagen die am Kraftmessroboter gemessenen Gesamtkräfte der Projekthelme in einem Wertebereich von 38 bis 52 N und hatten somit eine relativ geringe Spannweite von lediglich 14 N. Die Widerstandskräfte (x- Richtung) lagen in einem Wertebereich zwischen 29 N und 40 N, mit einer noch geringeren Spannweite von 11 N. Der Abstand der 50% zentral gelegenen Messwerte (6 Helme) der Widerstandskraft lag bei 3 N, und somit in einem sehr kleinen Wertebereich.

4.3 Belüftungssysteme und Temperaturverhalten

Bei fünf der untersuchten Projekthelme konnte die Funktion eines regelbaren Belüftungssystems durch einen deutlichen Einfluss auf die Helminnentemperatur nachgewiesen werden. Bei fünf weiteren Helmen konnte mit dem angewendeten Messverfahren die Funktion einer verstellbaren Belüftung nicht nachgewiesen werden.

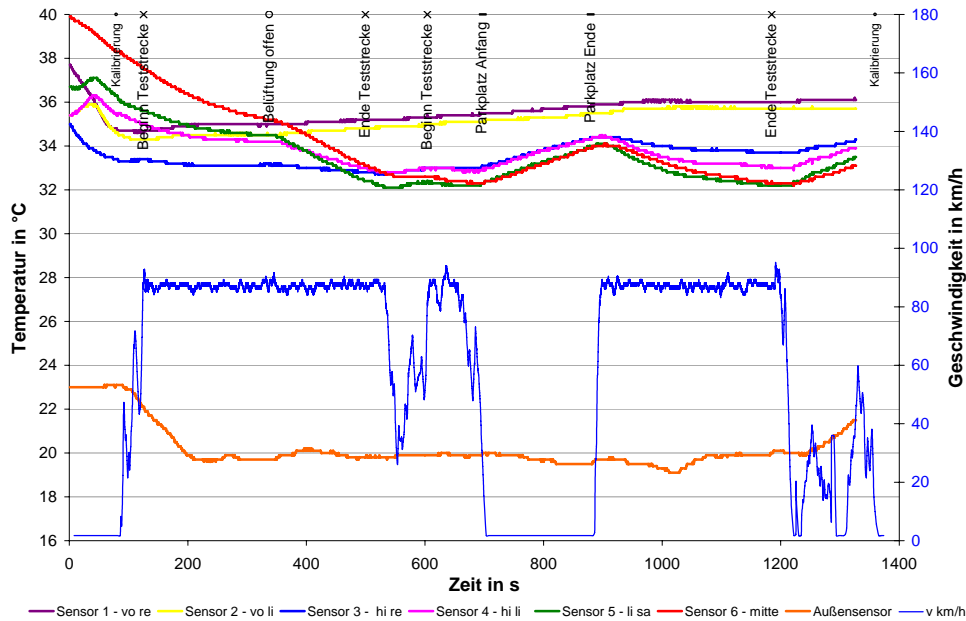


Abbildung 9: Temperaturverlauf bei einem Helm mit funktionierender Belüftung

Beispielhaft ist in der vorstehenden Abbildung 9 der Verlauf der Innentemperatur bei einem Helm mit funktionierender Belüftung dargestellt. Diese Messung wurde mit insgesamt sechs Innentemperatursensoren während der systematischen Fahrversuche Teil 2 durchgeführt. Insbesondere nachdem die Belüftung geöffnet wurde (Marker: Belüftung offen), ist ein deutlicher Abfall der Temperatur zu erkennen. Bei der Fahrtunterbrechung steigt die Temperatur innerhalb weniger Minuten um mehrere Grad an.

Bei den Temperaturmessungen der Messfahrten ergaben sich bezogen auf die oben erst genannten fünf Helme je nach Position der Temperatursensoren Helminnentemperaturen im Bereich von 28°C bis maximal 37°C bei Außentemperaturen von ca. 20°C +/- 4°C. Bei diesen Helmen konnten nach Öffnen der Belüftung Temperaturabnahmen von bis zu ca. 5°C innerhalb von drei Minuten registriert werden, wobei ein gewisser Einfluss der Position der Temperatursensoren eingeräumt werden muss. Während der Standphase der Messfahrten stiegen diese Temperaturwerte innerhalb der gleichen Zeit wieder um ca. 3 bis 5°C an.

Bei der Ermittlung des Ansprechverhaltens der Temperatursensoren im statischen Laborversuch stellte sich bei einer Raumtemperatur von 23°C, die gemessene Helminnentemperatur nach 20 Minuten bei einem Wert von ca. 37°C ein.

Helme mit funktionierend einstellbarer Belüftungseinrichtung bewirkten bei den sommerlichen Umgebungstemperaturen während der Messfahrten bei den Helmträgern eine physiologisch angenehme Befindlichkeit.

Vor der Projektbearbeitung wurde auffällig, dass die grundsätzliche Funktion und die Effizienz von Belüftungssystemen in Motorradschutzhelmen durch folgende Gestaltungsfehler beeinträchtigt werden können:

- luftundurchlässige Komfortpolsterungen und/oder Schaumstoffeinlagen im Helmdom
- nachlässige Konstruktion und Fertigung von Belüftungsöffnungen der Helmschale, die im Übergang nicht mit den anschließenden Belüftungskanälen der Schutzpolsterung übereinstimmen
- ungünstige Passform und unzulänglicher Formschluss der Komfortpolsterung
- fehlende Abdichtungen am Übergang von Belüftungsbohrungen der Helmschale und Belüftungskanälen der Schutzpolsterung.

Ferner sind offensichtlich Helme im Handel, deren Bedienelemente der Belüftungseinrichtung nur eine Scheinfunktion haben („Placeboschieber“).

Die nachfolgende Abbildung 10 lässt die Luftstromführung eines Helmes mit effizienter Belüftungseinrichtung im superponierten CT-Schnitt (Farbwertumkehr) erkennen:

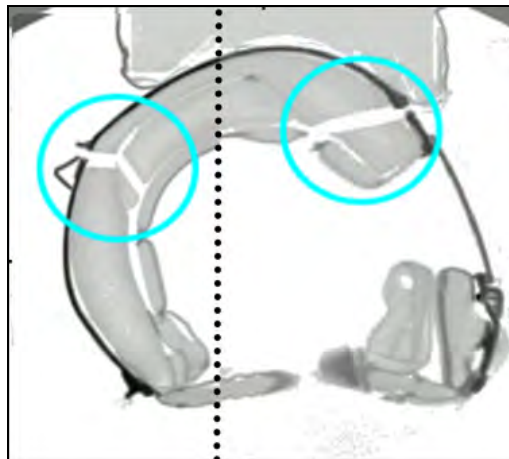


Abbildung 10: Beispiel einer wirkungsvollen Luftstromführung im CT-Schnitt

Einfluss der Helmfarbe

Der Einfluss der Helmaußenfarbe auf die Helmtemperatur ließ im statischen Versuch erkennen, dass schwarz lackierte Helmaußenschalen unter sommerlicher Sonneneinstrahlung sich auf Temperaturwer-

te von bis zu 86°C und somit im Verhältnis zu einer hellen Lackierung (z. B. Silber) auf Temperaturunterschiede von ca. 30 °C an der Helmoberfläche aufheizen. Dieses absorbierende oder reflektierende Strahlungswärmeverhalten schlägt ohne vorhandene Konvektionskühlung in das Helminnere in einer Größenordnung von 8 °C durch.

Dieser Sachverhalt kann bei niedrigen Fahrgeschwindigkeiten, Stopp and Go Betrieb, oder im Stau zu physiologisch ungünstigen Tragebedingungen für Motorradaufsassenden führen. Hieraus könnte zumindest die Empfehlung resultieren, Motorradhelme mit heller Außenlackierung (wärmestrahlungsreflektierend) zu benutzen. Eine derartige Farbgebung würde auch die Erkennbarkeit von Motorradfahrern steigern und somit unfallpräventiv wirken, siehe hierzu auch Wells et al. (2004).

4.4 Psychophysiologische Untersuchungen

Die Erfassung der psychophysiologischen Leistungs- und Befindlichkeitsparameter führte zu folgenden Ergebnissen:

Pulsfrequenz

Generell wurde eine Erhöhung der Pulsfrequenz in Abhängigkeit der Steigerungsstufen der Geschwindigkeit registriert. Insgesamt lag die Pulsfrequenz bei allen Versuchspersonen in einem physiologischen Bereich von 76 bis 123 Schlägen pro Minute. Sowohl die Pulsfrequenz selbst, wie auch die Zunahme der Pulsfrequenz zeigten starke interindividuelle Unterschiede.

Ein Vergleich der individuellen Messwerte, die bei den Projekthelmen bei der Geschwindigkeit von 160 km/h erfasst wurden, ließ erkennen, dass innerhalb der Versuchspersonen, den Messergebnissen relativ niedriger Pulsfrequenzen eine bestimmte Auswahlgruppe von Helmen, den Messergebnissen relativ hoher Pulsfrequenzen eine andere Auswahlgruppe von Helmen zugeordnet werden konnte.

Der für diese Geschwindigkeit eher ungünstige Crosshelm führte bei den Versuchspersonen zur relativ höchsten Pulsfrequenz; eher niedrige Pulsfrequenzen traten bei Helmen der oberen Preisklasse auf.

Die Auswertung der Pulsfrequenz lieferte somit verwertbare Anhaltspunkte zur groben Beurteilung von Helmen, bzw. deren Bauformen (z.B. Crosshelm), war jedoch insgesamt nicht geeignet, zuverlässig unterschiedliche Projekthelme zu unterscheiden.

Elektromyogramm

Die im Windkanal und bei den systematischen Fahrversuchen, Teil 1 an allen Helmen und bei den systematischen Fahrversuchen, Teil 3 an zwei ausgewählten Helmen durchgeführten EMG Messungen gaben Aufschluss über die Aktivität des Musculus sternocleidomastoideus.

Vor den systematischen Fahrversuchen, Teil 3 erfolgten an der rechten und linken Halsseite der Versuchsperson statische EMG Messungen; diese gestalteten sich wie folgt:

Eine der Windkraft (Widerstandskraft) entsprechende Massenkraft, gestuft in Schritten von 1 bis 5 kg, wurde an der Stirn in der Frankfurter Ebene frontal, anterior – posterior horizontal eingeleitet.

Ergebnisse einer solchen Messung sind beispielhaft für eine Versuchsperson in der nachfolgenden Abbildung 11 wiedergegeben. Mit zunehmender Belastung steigen die EMG Werte an, wobei Unterschiede zwischen der linken (orange) und rechten (gelb) Seite bestehen. Diese erklären sich beim derzeitigen Stand der Untersuchungen durch eine asymmetrische Elektrodenpositionierung, einen ungleichen Abstand von Elektrode und Muskelbauch (Art und Dicke des Gewebes), die Kopfhaltung, sowie individuelle anatomische Gegebenheiten der Versuchsperson.

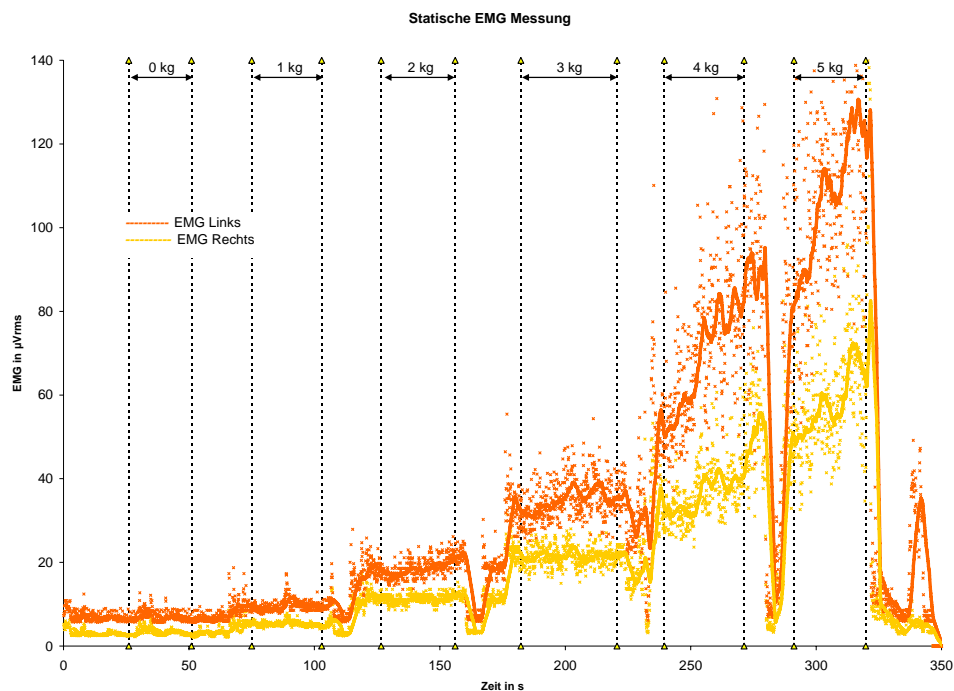


Abbildung 11: EMG Messung - statisch

Bei den systematischen Fahrversuchen Teil 3 wurden zwei Integralhelme, die im Windkanal bei allen drei Versuchspersonen übereinstimmend relativ hohe (Helm: F_I), bzw. relativ niedrige (Helm: L_I) EMG Werte lieferten, einer weiteren Untersuchung unterzogen.

Abbildung 12 zeigt einen Ausschnitt der Auswertung der EMG Messungen eines Projekthelmes. Dargestellt ist die gefahrene Geschwindigkeit (blau) sowie die gemessenen EMG Werte links (orange) und rechts (gelb). Deutlich ist der Anstieg der EMG Werte mit steigender Fahrgeschwindigkeit zu erkennen.

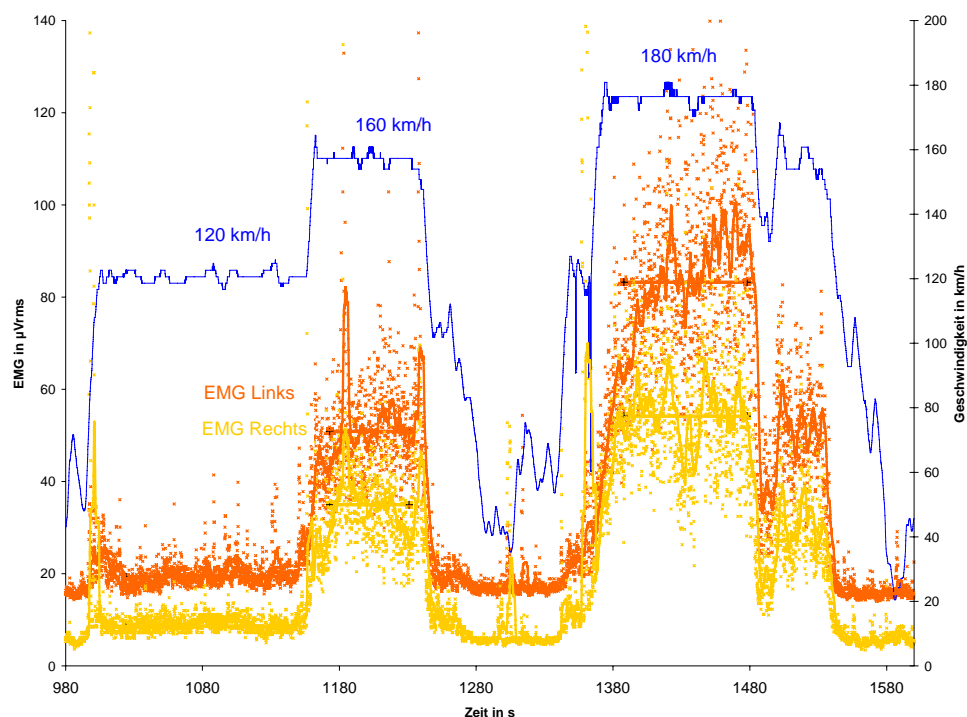


Abbildung 12: Teilabschnitt EMG Messung – öffentlicher Straßenverkehr

Abbildung 13 zeigt eine vergleichende Gegenüberstellung der beiden Helme in den systematischen Fahrversuchen, Teil 3 (drei Geschwindigkeiten).

Wie schon aus den Messwerten im Windkanal erkennbar, zeigte sich, dass die EMG Werte (Mittelwert: linke und rechte Seite) dieser beiden o. g. Helme sich bei allen drei Versuchsgeschwindigkeiten im gleichen Sinne deutlich unterschieden.

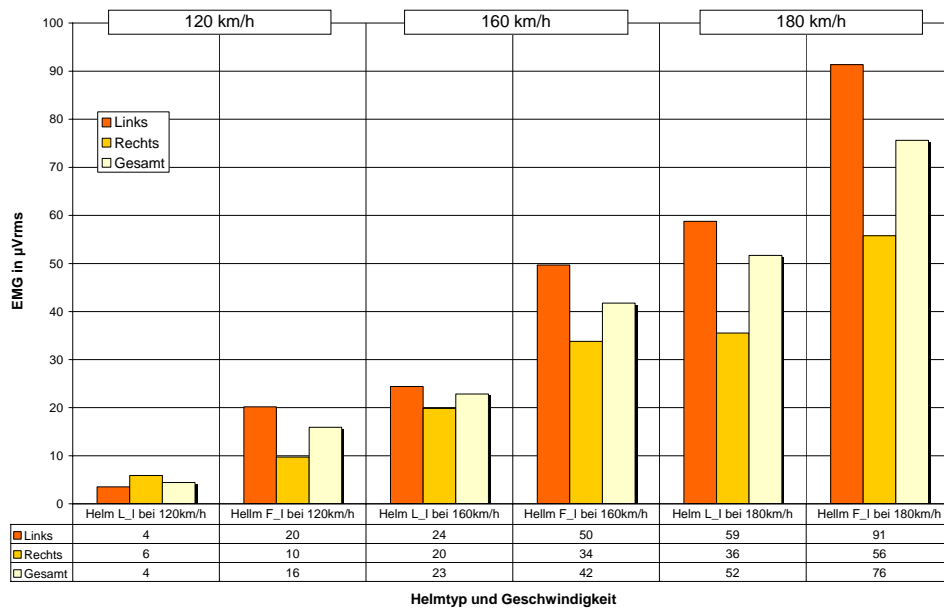


Abbildung 13: Vergleichende Gegenüberstellung (EMG Werte) zweier Projekthelme

Um einen Überblick zur Gesamtbewertung und den dabei auftretenden Toleranzen zu geben, sind in Abbildung 14 die Rangfolgen, ermittelt aus den EMG Messungen im Windkanal bei 160 km/h, der drei V_{pn} dargestellt.

Aus den EMG Messwerten wurde für jede V_p eine Rangliste der Helme von 1 (geringe Muskelaktivität) bis 12 (hohe Muskelaktivität) erstellt. Aus diesen versuchspersonenbezogenen Ranglisten ergeben sich die in Abbildung 14 dargestellten Mittelwerte und Spannweiten.

Sofern die EMG Messungen relativ hohe oder relativ niedrige evozierte Muskelaktivitäten erbrachten, waren trotz großer Spannweiten der Werte der drei Versuchspersonen bestimmte Helme identifizierbar.

Das Mittelfeld der Helme unterliegt jedoch sehr hohen Spannweiten, was auf bisher nicht identifizierte oder nicht kontrollierte Einflussparameter hindeutet. Andererseits lagen bei den mittels des Messroboters gemessenen Kräften im Mittelfeld der Helme lediglich Unterschiede von 4 N vor.

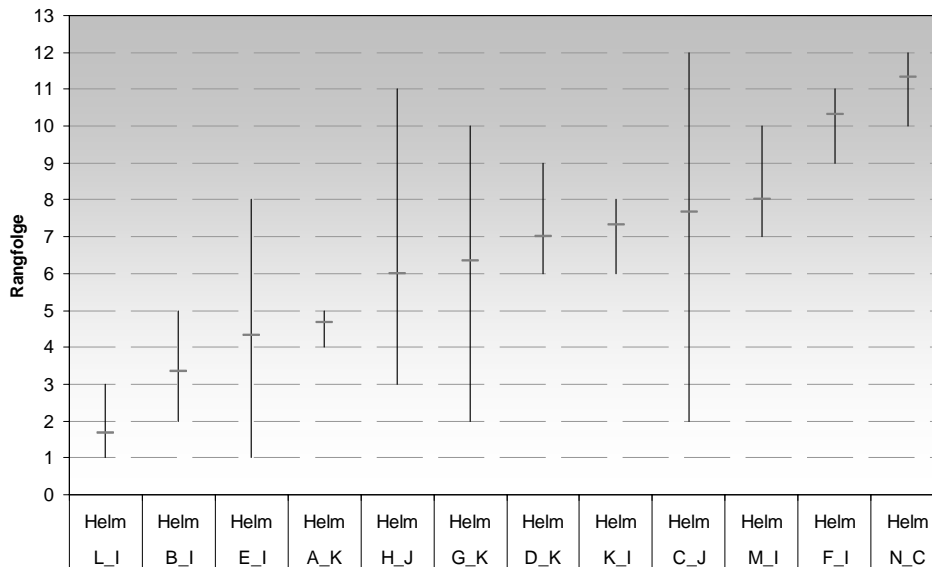


Abbildung 14: Rangfolge der EMG Messung bei 160 km/h aller Vpn

Die in Abbildung 14 dargestellte Rangfolge der Helme folgt aus den Ergebnissen der EMG Messungen und stimmt nur zum Teil überein mit der Rangfolge, die sich aus den Widerstandskräften des Kraftmessroboters ergibt (siehe Abbildung 8).

Mögliche Gründe hierfür sind:

- Geringe Anzahl von Vpn bei den EMG Messungen.
- Die Unterschiede in Körperform, Haltung und Exaktheit der einzunehmenden Kopfposition zwischen den einzelnen Versuchspersonen und zwischen diesen und dem Messroboter erzeugen unterschiedliche Helmkräfte bei dem gleichen Helm.
- Fehlen eines individualphysiologischen Korrekturfaktors (Übergangswiderstand von Muskelbauch zu Elektrode, spezifische anatomische Gegebenheiten).
- Die zu wählende Passform unterschiedlicher Prüfhelme zeigt unterschiedlichen Sitz bei den Vpn sowie bei dem Kraftmessroboter.
- Messgenauigkeit vs Genauigkeitsanforderungen.
- Abweichungen im Fahrprofil bei Messfahrten
- Korrelationsdefizite *) zwischen Kraftmessungen am Kraftmessroboter und EMG Messungen an Versuchspersonen.

*) Anmerkung:

Die am Kraftmessroboter ermittelten Messwerte, bzw. deren Komponenten sind zwar ein physikalisch objektives und seit vielen Jahren etabliertes und allgemein akzeptiertes Maß für die aerodynamische

Belastung und stellen eine wertvolle Beurteilungsgröße bei der Helmentwicklung dar. Möglicherweise geben sie aber nur bedingt die physiologische, muskuläre Belastung und tatsächliche Beanspruchung des Helmträgers wieder.

Die Methode der elektromyographischen Messungen wurde als Möglichkeit direkter physiologischer Messungen am Helmträger entwickelt und erstmalig bei Messungen im Windkanal und bei Messfahrten mit dem Motorrad erprobt.

Das Validierungsverfahren ist nicht abgeschlossen; eine kritische Beurteilung wurde abgegeben. Zur Erarbeitung zuverlässiger, vertrauenswürdiger und reproduzierbarer Messergebnisse besteht weiterer Forschungsbedarf und eine Absicherung in der praktischen Nutzenanwendung.

Die Leistungsfähigkeit der derzeitigen Messmethode mittels Kraftmessroboter im Windkanal soll hierdurch nicht in Zweifel gezogen werden; eine Einbeziehung der Interpretation der gemessenen Halsmomente könnte jedoch nutzbringend sein.

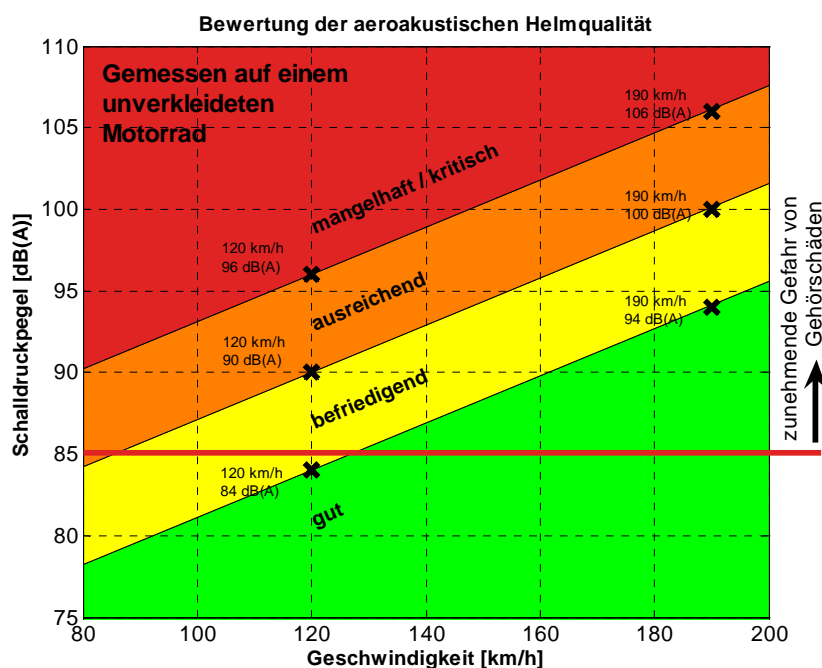
Sinusarrhythmie und der elektrodermalen Aktivität

Aus der Erfassung und Auswertung der Sinusarrhythmie und der elektrodermalen Aktivität konnten unter der Zielsetzung des Projektes keine helmspezifischen Aussagen abgeleitet werden.

5 Anforderungen an zukünftige Motorradhelme

Anforderungen an zukünftige Motorradhelme waren nach den Untersuchungsergebnissen wie folgt abzuleiten:

Bezüglich der *Aeroakustik* wurde eine Gefährdung des Gehörs infolge der Geräusentwicklung unter dem Helm auffällig; hieraus folgte ein Vorschlag zur Formulierung von vier „Qualitätsklassen – Aeroakustik“, die sich an kritischen Expositionswerten des Gehörs und dem Bereich der jeweilig gefahrenen Geschwindigkeit orientieren.



Bereits durch Bewusstseins-schärfung und die Empfehlung Gehörschutz zu tragen, könnten gesundheitsprophylaktische Erfolge erzielt werden.

Bezüglich der *Aerodynamik* von Helmen wurde kein akuter Bedarf hinsichtlich der Formulierung von Anforderungen erkennbar. Die Fortführung systematischer Untersuchungen (siehe unten) erscheinen jedoch zielführend (Fragen der Ermüdung und Gesundheitsprophylaxe).

Hinsichtlich des *Temperaturverhaltens* und der *Belüftungssysteme* von Motorradhelmen ermöglichen die Heidelberger Untersuchungen eine Reihe von Hinweisen zur Gestaltung von wirkungsvollen und

einstellbaren Belüftungssystemen an Helmen. Aus Gründen der Temperaturentwicklung unter dem Helm, aber auch aus Gründen der Erkennbarkeit und Unfallvermeidung sollten Helme eher eine helle Farbgebung aufweisen.

Parallel zur Weiterentwicklung der aktiven Sicherheit von Motorradhelmen zeigt auch deren *passive Sicherheit*, d. h. deren Verletzungsschutzeffizienz inzwischen ein hohes Optimierungspotential zur weiteren Erhöhung der Motorradsicherheit.

Auf der Grundlage einer zunächst erforderlichen Revision der derzeitigen Fassung der ECE-R 22 (im Wesentlichen bzgl. der Anforderungen an die Stoßdämpfung) sind hierzu die Ergebnisse der Unfallforschung, der biomechanischen Forschung sowie der technologischen Machbarkeit (Werkstoffauswahl und Systemgestaltung) zu berücksichtigen.

Schließlich erscheint es wünschenswert, die derzeit im Rechtsraum immer noch bestehende Unklarheit bzgl. der Einbindung der Regelung für die amtliche Genehmigung von Schutzhelmen für die Führer von Krafträdern und ihre Beifahrer zu beseitigen.

Die nachfolgend aufgeführten *Verbraucherhinweise* sollen bei Kauf und Nutzung von Motorradhelmen helfen, dass derzeitig verfügbare Maß an aktiver Helmsicherheit auszuschöpfen.

Verbraucherhinweise bei Kauf und Nutzung von Motorradhelmen (aktive Helmsicherheit)

- Typprüfung entsprechend ECE-R 22 in der aktuellen Fassung
- Helmgröße und Passform (sorgfältige Anprobe; Probefahrt)
- Auswahl entsprechend eigenem Einsatzbereich (z. B. Sport, Touren, Enduro)
- Ergonomie – Bedienbarkeit von Kinnriemenverschluss, Visier und Lüftungsbetätigung (mit Handschuhen)
- Helmäußeres hell und auffällig; reflektierende Sicherheitsaufkleber
- Helltransparentes Visier mit erkennbar guter Abdichtung und artikulierter Rasterung
- (Visiertönung vermeiden; wenn, dann schwenkbare Sonnenblende)
- Trageeinrichtung ordnungsgemäß verschließen; strammer jedoch bequemer Sitz
- Ggf. Gehörschutz benutzen

Zukünftige Untersuchungen

Retro- und prospektive Untersuchung von Motorradunfällen unter den Zielsetzungen:

- Häufigkeit und Schwere von Unfalltypen, Bewertung von Maßnahmen
- Stellenwert und Effizienz von Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit des Motorradfahrens und insbesondere bezüglich der aktiven und auch der passiven Helmsicherheit
- Erkenntnisse für Fahrausbildung und Fahrverhalten

Als weitere Untersuchungsschwerpunkte an Motorradhelmen werden erkennbar:

Hinsichtlich der aktiven Sicherheit:

- Nutzung von Motorradhelmen und insbesondere Sicht (Gestaltung und Eigenschaften von Helmvisieren) unter ungünstigen Witterungs-, Sicht- und Lichtverhältnissen.
- Systematische Messungen zur Aerodynamik von Schutzhelmen; Gegenüberstellung von biomechanisch relativierten Messwerten am Kraftmessroboter (Halskräfte und Halsmomente) und EMG-Messwerten unter den Aspekten Komfort und Ermüdung

Hinsichtlich der passiven Sicherheit:

- Erhöhung des Kopfverletzungsschutzes durch adaptive Auswahl und Gestaltung von Werkstoffen und Helmgesamtstruktur
- Erhöhung der Anforderungen der Typprüfung auf Grundlage wissenschaftlicher Ergebnisse sowie technologischer Machbarkeit

6 Literatur

- (1) Aldman B., Balldin U., Gustafsson H., Nygren A., Sporrang A., Astrand I. (1981)
The sound attenuation and the aerodynamically generated noise inside Motorcycle helmets. VIth international IRCOBI Conference on the Biomechanics of Impacts; Salon de Provence (France).
- (2) Aldmann B., Nygren A., Wersal J. (1983)
Hearing and motorcycle helmets. *Journal of Traffic Medicine* 11, 42-44.
- (3) Binnington J. D., McCombe A. W., Harris M., . (1993)
Warning signal detection and the acoustic environment of the motorcyclist. *British Journal of Audiology* 27[6], 415-422.
- (4) Brühwiler P. A. (2003)
Heated, perspiring manikin headform for the measurement of headgear ventilation characteristics. *Measurement Science & Technology* 14[2], 217-227.
- (5) Heyl G. (1981)
Motorrad Extrablatt Helmtest - Windkanal, Aerodynamik - Fahrversuch, Komfort - Labor, Schutzwirkung. *Zeitschrift Motorrad* [7], 107-130.
- (6) Hüttenbrink K. B. (1982)
Lärmmessung unter Motorradhelmen. *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* 29, 182-187.
- (7) Janke G., Rothhämel J., Schimpf O. (2005)
Schutzhelme. Wolf-Heinrich Hucho. *Aerodynamik des Automobils -Strömungsmechanik, Wärmetechnik, Fahrdynamik, Komfort-*. [10], 605-634, VIEWEG Verlag.
- (8) Jung K. (1985)
Untersuchungen zur Verbesserung des Kleinklimas im Schutzhelminnenraum. *Die Berufsgenossenschaft* [5].
- (9) Lower M. (2003)
Noise levels under motorcycle helmets. ISVR Consulting.

- (10) Lower M., Hurst D. W., Thomas A. (1996)
Noise levels and noise reduction under motorcycle helmets. 979-982. Proceedings of Internoise 1996.
- (11) Lower M.C., Hurst D. W., Thomas A., Claughton A. R. (1994)
Sources and levels of noise under motorcyclists helmets. Proceedings of the Institute of Acoustics, University of Southampton UK 16, 319-326.
- (12) Mc Combe A. W., Binnington J., Mc Combe T. S. (1993)
Hearing protection for motorcyclists. Clinical Otolaryngology 18, 465-469.
- (13) McKnight A. J., McKnight A. S. (1995)
The effects of motorcycle helmets upon seeing and hearing. Accident Analysis & Prevention 27[4], 493-501.
- (14) Schandry R. (1998)
Lehrbuch Psychophysiologie. Weinheim, Beltz - Psychologie-Verl.-Union.
- (15) Schueler F., Adolph Th., Steinmann K., Mattern R. (2006)
Vom Verletzungsschutz zur Unfallprävention, Chirurgische Allgemeine Zeitung 7 [4], 184-192
- (16) Schueler F et al. (2003)
Ermittlung der individuellen Akzeptanz von Fahrzeuginsassen bezüglich neuer Fahrzeugsicherheitssysteme, Tagungsunterlagen zum 33.Treffen der Oberrheinischen Rechtsmediziner, (17.05.2003), Heidelberg
- (17) van Faassen F., Stassen E. G. (1976)
Air Resistance of Crash Helmets. 332-340. International Research Committee on the Biokinetics of Impacts, Amsterdam NL.
- (18) Van Moorhem W. K., Shepherd K. P., Magleby T. D., Torian G. E. (1981)
The effects of motorcycle helmets on hearing and the detection of warning signals. Journal of Sound & Vibration 77[1], 39-49.
- (19) Wells S et al. (2004)
Motorcycle rider conspicuity and crash related injury: case-control study. British Medical Journal Vol. 328.

**Innovation bei der Entwicklung von Fahrerbekleidung
zur Reduzierung von Verletzungsrisiken bei BMW Motorrad
am Beispiel des Neck-Brace Systems**

**Innovation in the developing of BMW Motorrad Riders
Equipment to reduce the risk of injuries shown at the
Neck-Brace System**

**Innovations chez BMW Motorrad dans le développement de la
tenue de pilote permettant la réduction des risques de
blessures à l'image du Neck-Brace System**

Dipl. Soziologe Univ. Andreas Geisinger, Tim Diehl-Thiele,
Dipl.-Ing. Hansjürgen Kreitmeier, Dipl.-Ing. Jürgen Bachmann,
Dipl.-Ing. Peter Müller
BMW Motorrad, Germany

Dr. Chris Leatt
Leatt Brace Corporation Inc., USA

Kurzfassung

Der sensible Nacken- und Halswirbelbereich ist im Falle eines Unfalls durch heutige Motorradbekleidung weitgehend ungeschützt. Im Verhältnis zu anderen, statistisch häufiger betroffenen Körperbereichen treten Verletzungen in diesem Bereich eher selten auf, enden aber meist mit schwerwiegenden Folgen für den Motorradfahrer.

Die Benutzung von Schutzausrüstungen wie Helmen, Gelenk- und Rückenprotektoren und Anzügen aus abriebresistentem Material ist bei Motorradfahrern, aber auch bei anderen risikobehafteten Sportarten wie Snowboard oder Mountainbike Pflicht oder die gängige Regel. Im Bereich der Halswirbelsäule besteht jedoch eine Lücke im Markt der Schutzbekleidung und somit in den Schutzmöglichkeiten für den Sportler.

Ausgelöst durch die Ereignisse im Motorrad-Rallye-Sport, bildeten die Motorradhersteller BMW Motorrad und KTM Sportmotorcycles erstmalig eine Forschungsk Kooperation, um wissenschaftlich fundiert ein Schutzsystem zu entwickeln, welches Halswirbelverletzungen reduzieren könnte. Als weiterer Partner schloss sich der südafrikanische Arzt Dr. Chris Leatt diesem Innovationsteam an. Hauptziel der Zusammenarbeit ist es, die im Halswirbelsäulenbereich häufigste Verletzung, die sogenannte Hyperflexion (Überdehnen des Kopfes nach vorne) und die Hyperextension (Überdehnen nach hinten) zu reduzieren. Weitere Ziele sind die Verletzungsreduzierung der nicht so häufig auftretenden lateralen Hyperextension, axialen Stauchung und der Schlüsselbeinfraktur durch die Helmkante.

Der Grundgedanke der Entwicklung ist es, den Kopf kontrolliert abzubremsen und gleichzeitig den Bewegungsapparat des Kopfes soweit einzuschränken, dass die extremen Bewegungswinkel der Halswirbelsäule nicht erreicht werden können.

Der Vortrag beschreibt den Aufbau und die Wirkungsweise des Nackenschutzsystems und geht auf Vorteile für Motorradfahrer bei der Benutzung und im Falle eines Sturzes ein. Es wird ein Einblick in den aktuellen Forschungsstand physischer und virtueller Testreihen gewährt.

Abstract

The cervical spine (neck) is largely unprotected by today's motorcycle clothing in the case of an accident. Compared to other areas of the body which are statistically more prone to injury, injuries to this area are rare; however most of these may hold serious consequences for the rider.

Use of protective equipment such as helmets, joint and back protectors and outfits made from abrasion-resistant material should be made mandatory for motorcyclists, this should include other sports too, where there is an element of risk; such as snowboarding, mountain biking, etc. To date adequate neck protection has not been available. Spurred into action by a plague of neck injuries in motorcycling and Rally Raid in particular, motorcycle manufacturers BMW Motorrad and KTM Sportmotorcycles are joining forces for the first time in a joint research initiative, to develop an academically substantiated neck protection system, to reduce cervical spine injuries. Dr Chris Leatt, a doctor from South Africa, has joined this innovation team.

The principle aim of this cooperative venture is to develop and offer a system to reduce the instances of the most frequent neck injury types, these include; hyperflexion - when the head is forced forward too far and hyperextension - when the head is forced back too far. Other less common injury types are also to be addressed, such as lateral hyperflexion, axial compression and fracture of the collarbone by the helmet rim.

The basic principle employed is to decelerate the head in a controlled manner, while at the same time reducing dangerous ranges of head movement in order to reduce the bending forces (torque) on the cervical spine.

This presentation describes the design and operating principle of the developed neck protection system and details advantages for motorcyclists in the event of an accident, where there is the potential of a neck injury. It also gives an insight into the current state of research involving physical and simulated testing.

Résumé

En cas d'accident, les tenues de pilote qui sont actuellement utilisées ne protègent pas entièrement les parties sensibles que sont le cou et les vertèbres cervicales. Statistiquement, on peut constater que ces parties du corps ont relativement moins de risques de subir des blessures que le reste du corps, mais lorsqu'elles sont touchées, les suites en sont finalement bien plus graves pour le pilote.

L'utilisation d'équipements de protection, tels que le casque, les protections pour le dos et pour les articulations, ainsi que les combinaisons conçues à partir de matières résistant à l'abrasion, est devenue une obligation ou du moins la règle habituelle tant dans le monde de la moto que dans les autres sports dangereux comme le snowboard, le vélo tout terrain, etc. Néanmoins, les protections concernant la colonne vertébrale et le cou sont encore peu répandues sur le marché et donc peu utilisées par les sportifs.

A la suite des événements qui ont marqué le sport du rallye moto, les fabricants de moto BMW Motorrad et KTM Sportmotorcycles ont décidé pour la première fois de coopérer en matière de recherche pour développer sur une base scientifique un système de protection active visant à limiter les blessures au cou et aux vertèbres. Le médecin sud-africain Dr. Chris Leatt est devenu le troisième partenaire à rejoindre cette équipe de recherche. Cette collaboration a pour but de trouver comment limiter les blessures très courantes que sont l'hyperflexion, flexion brusque de la tête vers l'avant et l'hyperextension, extension brusque de la tête vers l'arrière. D'autres objectifs sont mis en avant : les chercheurs travaillent sur la réduction des blessures moins fréquentes que sont l'hyperextension latérale, la compression axiale et la fracture de la clavicule provoquée par un choc avec le bord du casque.

L'idée fondamentale de ces recherches est de ralentir de manière contrôlée les mouvements de tête après un choc et de les limiter, afin de réduire les risques de dépassement de l'angle de mouvement maximum de la colonne vertébrale.

Lors de cet exposé, la constitution et le fonctionnement du système Neck-brace ont été décrits ainsi que les avantages du pilote à utiliser ce système, notamment en cas de chute. Il a été prévu de poursuivre par une vue panoramique de l'état de la recherche en s'appuyant sur une série de tests virtuels et physiques.

**Innovation bei der Entwicklung von Fahrerbekleidung
zur Reduzierung von Verletzungsrisiken bei BMW Motorrad
am Beispiel des Neck-Brace Systems**

Inhalt:

- 1 Einleitung
 - 1.1 Einführung
 - 1.2 Zielsetzung der Arbeit
 - 1.3 BMW Motorrad Fahrerausstattung
 - 1.3.1 Das C.A.R.E Konzept der Fahrerausstattung von BMW Motorrad
 - 1.3.2 Meilensteine der Fahrerausstattung bei BMW Motorrad
- 2 Einführung in das Themengebiet
 - 2.1 Begriffe aus der Medizin
 - 2.2 Biomechanische Grenzwerte
 - 2.3 Häufigkeit von Verletzungen bei Motorradfahrern
 - 2.3.1 Allgemein
 - 2.3.2 HWS Bereich
- 3 Funktionsprinzip des Neck-Brace System
- 4 Methode und Simulation
 - 4.1 Simulationen und Berechnung der Kriterien für Verletzungen im HWS Bereich
 - 4.2 Hyperflexion
 - 4.3 Laterale Hyperflexion
 - 4.4 Hyperextension
 - 4.5 Resultate
- 5 Testergebnisse
 - 5.1 Hyperflexion
 - 5.1.1 Axiale Nackenkraft bei der Hyperflexion
 - 5.1.2 Nacken Biegemoment in Hyperflexion
 - 5.1.3 Oberer und unterer Nackenwinkel in Hyperflexion
 - 5.1.4 Kopfbeschleunigung in Hyperflexion
 - 5.2 Laterale Hyperflexion
 - 5.2.1 Axiale Nackenkraft in lateraler Hyperflexion
 - 5.2.2 Nacken Biegemoment in lateraler Hyperflexion
 - 5.2.3 Oberer und unterer Nackenwinkel in lateraler Hyperflexion
 - 5.2.4 Kopfbeschleunigung in lateraler Hyperflexion
 - 5.3 Hyperextension
 - 5.3.1 Axiale Nackenkraft in Hyperextension
 - 5.3.2 Nacken Biegemoment in Hyperextension
 - 5.3.3 Oberer und unterer Nackenwinkel in Hyperextension
 - 5.3.4 Kopfbeschleunigung in Hyperextension

- 5.4 Zusammenfassung
- 6 Konzept der Kalkulation eines Nacken Verletzungskriteriums Nij (Neck Injury Criteria Calculations Nij)
- 7 Ausblick
- 8 Verzeichnisse
 - 8.1 Abbildungen:
 - 8.2 Diagramme
 - 8.3 Tabellen
 - 8.4 Exkursion zu neuesten Protektorenerkenntnissen:

1 Einleitung

1.1 Einführung

Der sensible Nacken- und Halswirbelbereich ist im Falle eines Unfalls durch moderne Motorradbekleidung weitgehend ungeschützt. Im Verhältnis zu anderen statistisch häufiger betroffenen Körperbereichen (beispielsweise der Bein- oder Armzone) treten Verletzungen in diesem Bereich recht selten auf, enden aber meist mit schwerwiegenden Folgen für den Motorradfahrer. Die Benutzung von Schutzausrüstungen wie Helmen, Gelenk- und Rückenprotektoren sowie Anzügen aus abriebresistentem Material ist bei Motorradfahrern, aber auch bei anderen Sportarten wie Snowboard oder Mountainbike die gängige Regel, oft sogar Pflicht. Im Bereich der Halswirbelsäule besteht jedoch eine Lücke im Angebot der Schutzausrüster und der Schutzmöglichkeiten für die Sportler.

Ausgelöst durch die Ereignisse der letzten Jahre im Motorrad-Rallye-Sport, bildeten die Motorradhersteller BMW Motorrad und KTM Sportmotorcycles erstmalig eine Forschungs Kooperation, um wissenschaftlich fundiert ein System zu entwickeln, welches Halswirbelverletzungen reduzieren kann. Aufgrund des vorhandenen Know-how und der umfangreichen Ressourcen der BMW Group in der Simulationstechnik und Unfallforschung wurde hier die Grundlagenarbeit für die Absicherung der Funktionsweise vorgenommen.



Abbildung 1: BMW Motorrad Werksfahrer Chris Pfeiffer mit Neck-Brace System
beim Erzbergrennen 2006¹

¹ Copyright by Chris Pfeiffer

Durch die Fahrerprobung im sportlichen Einsatz wurden zusätzliche Erkenntnisse gewonnen, die in die Entwicklung eingeflossen sind. Als weiterer Partner konnte der Erfinder des Neck-Brace, der südafrikanische Arzt Dr. Chris Leatt, gewonnen werden. Der ehemalige Motorradrennfahrer Dr. Chris Leatt beschäftigt sich schon seit mehreren Jahren mit dem Thema Schutz des Halswirbelsäulenbereiches im Motorsport und ist Gründer der Fa. Leatt-Brace™ Cooperation mit Sitz in Kapstadt/Südafrika.

Hauptziel des Projektes ist es, durch ein geeignetes System die Hyperflexion (Überdehnen der Halswirbelsäule nach vorne) als die mit über der Hälfte in allen Fällen am häufigsten auftretende Halswirbelsäulenverletzung² und die Hyperextension (Überdehnen des Kopfes nach hinten) zu reduzieren. Des Weiteren soll eine Reduzierung der Verletzungsrisiken bei der lateralen Hyperextension, axialen Stauchung und der Schlüsselbeinfraktur durch die Helmkante erreicht werden.

Der Grundgedanke der Entwicklung ist es, die Kopfbewegung nach einer unfallbedingten Beschleunigung kontrolliert abzubremesen. Gleichzeitig soll die Beweglichkeit des Kopfes soweit reduziert werden, dass die Möglichkeit des Erreichens der für schwere Verletzungen gefährlichen maximalen Bewegungswinkel verhindert wird und hohe Kraftspitzen und Momente minimiert werden. Es soll versucht werden die Kraft, die im Falle eines Unfalls auf den Halswirbelsäulen Bereich wirkt, weg vom Nacken hin auf den Oberkörper umzuleiten und zu verteilen. Einschränkungen der Bewegungsfreiheit durch das System im Fahrbetrieb und andere etwaige Nachteile für den Fahrer während der Benutzung oder beim Sturz sind auf ein Minimum zu senken.

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Die BMW AG gilt als eines der führenden Unternehmen auf dem Bereich der passiven Sicherheit. Die Verminderung von Verletzungen im öffentlichen Straßenverkehr, aber auch im Motorsport, ist klares Ziel und Philosophie bei der Entwicklung von BMW Motorrad Fahrerausstattung. Die vorliegende Arbeit soll am Beispiel des Neck-Brace-System einen kurzen Einblick in die aktuelle Forschungsarbeit im Bereich Fahrerausstattung bei BMW Motorrad geben. Relevante Begriffe und Fakten werden in einer kurzen Einführung in das Themengebiet aus Sicht der Unfallforschung, Medizin und Biome-

² Es ist davon auszugehen, dass bei den meisten Motorradunfällen die Fahrer in Fahrtrichtung weiterstürzen. In einer Studie (Neuroepidemiology: Relationship between Motorcycle Helmet Use and Cervical Spinal Cord Injury; Mau-Roung Lin, Jau-Yin Tsau, etc al; institute of Injury Prevention and Control, College of Public Health and Nutrition, Taipei Medical University) wurden 396 Patienten untersucht, die durch Motorradunfälle eine HWS Verletzungen davongetragen haben. In der Studie wurde festgestellt, dass 64,6% der Verletzungen durch eine Frontalkollisionen ausgelöst wurden.

Bei 69,11% der Patienten in der o.g. Studie ist eine Verletzung an den Wirbelen C3-C7 festgestellt worden. (siehe Kapitel 2.2) Als Hauptmechanismus bei einer Verletzung der Wirbel C3-C7 wird in der Studie die Flexion oder eine Flexion in Kombination mit einer Rotation genannt. Es zeigt sich dadurch, dass mehr als 60% der HWS Verletzungen durch eine Flexion ausgelöst wurden.

chanik geklärt. Auf die Funktionsweise des Neck-Brace-Systems wird anhand technischer Beschreibungen und Darstellung von ausgewählten Testergebnissen eingegangen. Weitere relevante Erkenntnisse für zukünftige Entwicklungen werden aufgezeigt. Auf eine Vertiefung der einzelnen Themengebiete wurde bei dieser Arbeit verzichtet, da eine wissenschaftliche Darstellung des gesamten Themas auf Grund der Fülle an Information und Komplexität den hier gegebenen Rahmen weit übertroffen hätte. Der Bericht stellt einen kleinen Umriss der bisher geleisteten Arbeit dar und sollte nicht als endgültiger Forschungsbericht verstanden werden.

1.3 BMW Motorrad Fahrerausstattung

1.3.1 Das C.A.R.E Konzept der Fahrerausstattung von BMW Motorrad

Sicherheit beim Motorradfahren bedeutet neben den im Motorrad verbauten aktiven und passiven Systemen die Verwendung von funktionaler Bekleidung und passender Ausrüstung. Das Label C.A.R.E. – Concept of Advanced Rider Equipment – steht für den anspruchsvollen Qualitätsstandard von BMW Motorrad Fahrerausstattung. Grundlage dieser Philosophie bildet das Wissen, dass die Fahrerausstattung ein bedeutender Bestandteil der Erhöhung der Sicherheit beim Motorradfahren darstellt. C.A.R.E. ist somit die Selbstverpflichtung, stets höchste Ansprüche an Material, Funktion und Verarbeitung zu stellen. C.A.R.E. verbindet das Bestreben, ständig nach besseren Lösungen zu suchen und neue Maßstäbe, die meist über den branchenüblichen Normen liegen, zu setzen, um größtmöglichen Schutz zu bieten. Permanente Forschung, umfangreiche Labortests und ausgiebige Erprobung sind der Motor für diesen Fortschritt. Dieses Streben nach perfekten Lösungen ruht nach dem C.A.R.E. Konzept von BMW Motorrad auf den vier Säulen:

- Sicherheit
- Wetterschutz und Klimabalance
- Komfort und Design
- Qualität und Langlebigkeit

Am Ende intensiver Grundlagenforschung und Entwicklung steht intelligente Motorradbekleidung mit dem C.A.R.E. Siegel, die sicher, funktionell, komfortabel tragbar und qualitativ hochwertig ist.

1.3.2 Meilensteine der Fahrerausstattung bei BMW Motorrad

Fahrerausstattung und deren Sicherheit haben bei BMW Motorrad eine lange Tradition, die bis auf das Jahr 1978 zurückgeht. Als absoluter Meilenstein kann hier die Erfindung des Motorradhelms mit hochklappbarem Kinnenteil und Einführung des Systemhelmes im Jahre 1981 bezeichnet werden. 1984 wurde der erste wasserdichte Motorradtextilanzug mit GORE-TEX® Membrane vorgestellt, dem 2 Jahre später der erste wasserdichte Lederanzug folgte. Vielen Entwicklungsschritten im Bereich der Gelenkprotektoren über die Jahre folgte 1999 mit der Vorstellung der AirFlow Kollektion ein völlig neuer Standard an Belüftung von Helm, Anzug, Handschuhen und Stiefeln. 2004 wurde der leichteste Motorradhelm nach ECE 22-05 mit einem Gewicht unter 1000g in die Kollektion aufgenommen. Im Jahre 2006 wurde von BMW Motorrad in enger Zusammenarbeit mit Biomechanikern, Medizinern und Unfallforschern eine neue Generation von Softprotektoren vorgestellt, die in vielerlei Hinsicht neue Maßstäbe setzt.ⁱ

2 Einführung in das Themengebiet

Das folgende Kapitel befasst sich mit der Einführung in die Thematik und definiert in der Arbeit verwendete und relevante Begriffe aus der Medizin, der Unfallforschung und der Technik. Die wichtigsten Grundlagen sollen in diesem Kapitel beschrieben werden.

2.1 Begriffe aus der Medizin

Die Halswirbelsäule, im folgenden HWS genannt, gilt als der beweglichste Wirbelsäulenabschnitt. Die Bewegungen beschreibt man in drei Hauptebenen:

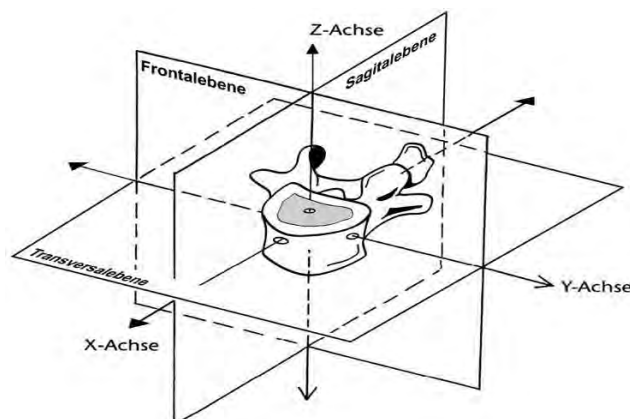


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Frontal-, Sagittal-, und Transversalebene und der entsprechenden X-, Y- und Z-Achse

Die *Frontalebene* oder coronare Ebene bezeichnet in der Medizin die bei einer Vorderansicht des Menschen sichtbare Bewegungsebene (Z-Y-Ebene). Bewegungen in dieser Vorn-Hinten-Ebene finden von links nach rechts oder umgekehrt statt. Die *Sagittalebene* (von lat. Sagitta „Pfeil“) oder Medianebene beschreibt in der Medizin die seitliche Ansicht des Körpers (X-Z-Ebene). Mögliche Bewegungen innerhalb der Sagittalebene sind die Translation nach vorne oder hinten oder die Translation nach oben oder unten. Rotatorische Bewegungen um die sagittale Achse (senkrecht zur Ebene) sind die Flexion und die Extension (Abbildung 3). Die *Transversalebene* oder auch Horizontalebene nennt die Medizin diejenige Oben-Unten-Ebene, in der Bewegungen um die eigene Längsachse durchgeführt werden (X-Y-Ebene).

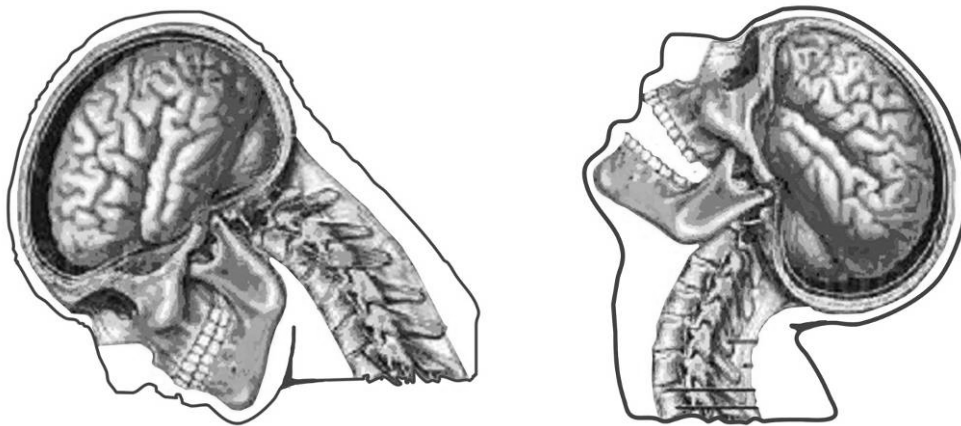


Abbildung 3: Hyperflexion (links) und Hyperextension (rechts)
als Rotationsbewegung in der Sagittalebene

Als letzte zu beachtende Bewegungsrichtung der Halswirbelsäule ist die axiale Bewegung zu nennen. Dabei wird die Halswirbelsäule senkrecht zum Körper gestaucht (Kompression) oder gezerrt (Distraction). Im Fall eines Unfalls, bei dem der Bereich des Kopfes oder des Nackens in Mitleidenschaft gezogen wird, treten die Bewegungen im Halswirbelsäulenbereich entweder nacheinander, meist aber in überlagerter Form auf³. Auch eine Kombination mit der Rotation, die zu 60% aller schweren Gehirnerletzungen bei Motorradunfällen führt, des Kopfes ist denkbar.

2.2 Biomechanische Grenzwerte

Die Grenzwerte für die maximale Belastung der Halswirbelsäule sind aufgrund unterschiedlichster Ausprägungen einzelner Faktoren wie Halsmuskulatur, Knochenfestigkeit, Alterungsprozess oder

³ Cervical Spine Protection Report, Prepared for NOCSAE, M. Panjabi, Ph.D., B. Meyers, M.D., Ph.D. 1995

Trainingszustand beim Menschen nicht eindeutig festzulegen. Als Anhaltswerte für die maximalen Kräfte und Beschleunigungen, welche der menschliche Körper verkraften kann, können die in Tabelle 1 genannten Werte gelten. Da es sich hier aber um einen aus den oben genannten Einflussfaktoren gebildeten Medianwert handelt, können sie nur als Richtwerte verstanden werden.

Tabelle 1: Biomechanische Grenzwerte⁴

Messgröße	Biomechanischer Grenzwert
Res. Kopfbeschl.	a 3 ms = 80 g
Halskraft F_z	a 45 ms = +/- 1,1 kN

Aus Tabelle 2 ist ersichtlich, dass auch das Alter einen großen Einfluss auf die Beweglichkeit der HWS hat. Die Tabelle zeigt den maximalen Winkel des Kopfes in Bezug zum Rumpf (in Grad) in Abhängigkeit vom Alter. Dabei ist zu erkennen, dass in der Altersklasse 20 bis 29 Jahre bei allen Bewegungsarten ein größerer Winkel realisiert werden kann als in den darauf folgenden Altersgruppen. Daraus lässt sich schließen, dass ältere Fahrer durch ihre eingeschränkte Bewegungsfähigkeit früher an den kritischen Punkt für schwere Verletzungen geraten können.

Tabelle 2⁴: Beweglichkeit der HWS in Abhängigkeit zum Alter

Altersgruppe / Bewegungsart	20 – 29 Jahre	30 – 39 Jahre	40 – 49 Jahre	50 – 59 Jahre
Flexion in Grad	58	47	47	45
Extension in Grad	76	65	61	60
Lateralflexion nach rechts in Grad	48	45	39	35
Lateralflexion nach links in Grad	46	40	39	32

⁴ Hals- und Lendenwirbelsäule in Biomechanik und Pathologie Lourens Penning Seite 84

2.3 Häufigkeit von Verletzungen bei Motorradfahrern

2.3.1 Allgemein

Um eine Einschätzung über die Notwendigkeit des Neck-Brace-Systems zu erlangen, wurden im Rahmen der Forschung zu dem neuen Schutzsystem verschiedene Studien betrachtet. Diese sind zum Teil nicht veröffentlicht oder mit einer Sperre belegt, weswegen hier nicht alle Quellen angegeben werden konnten.

Um einen Gesamtüberblick über die Verletzungssituation zu erhalten, wurden Unfalldaten des Statistischen Bundesamtes herangezogen. Hierzu wurde eine Dissertation aus dem Jahre 1993 ausgewertet. Einen Stand der derzeitigen Erhebungen gibt eine aktuelle, leider nicht öffentlich zugängliche Studie des ADAC wieder. Interne Unfallzahlen wurden über 25 Jahre erfasst und ausgewertet. In der von der Europäischen Commission beauftragten Cost Studie 327⁵ wurden die Zusammenhänge zwischen der Verletzungsschwere und der Rotationsrichtungen des Kopfes im Falle eines Unfalls bewertet. Zusätzlich wurde auf eine BMW-interne Datenbank zurückgegriffen. Aufgrund der unterschiedlichen Erfassungs- und Erhebungsmethoden der einzelnen Studien ergeben sich teilweise Unterschiede in den Ergebnissen bei der Bewertung der Schwere der Verletzung. Auch die unterschiedliche Art der Bewertung durch die am Ort des Unfalls tätigen Personen kann Abweichungen ergeben.

2.3.2 HWS Bereich

Betrachtet man den Halswirbelsäulenbereich, so zeigt sich je nach Studie eine Verletzungshäufigkeit zwischen 3,8% und 15%. In diesen Zahlen sind alle Verletzungen der Wirbelsäule betrachtet und somit auch leichte Verletzungen enthalten. Wird die Verletzungsschwere betrachtet so zeigt sich, dass zwischen 27% und 75% der Verletzungen im Halswirbelsäulenbereich so schwer sind, dass der Patient erhebliche Verletzungen davon trug, die bis hin zum Todesfall führten.

Aus dem COST Report geht hervor, dass die Rotation des Kopfes um die Z-Achse, also das Drehen des Kopfes nach rechts oder links, kaum zu einer Verletzung des Gehirns oder des Nackens führt. Mit 0,5% Anteil an den Verletzungen des Gehirns ist diese Bewegungsform bei der Betrachtung zur Prävention von Verletzungen vorerst zu vernachlässigen. Einen größeren Anteil an den Verletzungen des Nackens und des Gehirnes bilden dagegen die Rotationen um die Y- und X-Achse, also die im Text als Hyperflexion, Hyperextension und laterale Flexion beschriebenen Formen der Verletzungen bei einem Unfall. Gegenüber zwei verletzten Personen (0,5%) bei einer Rotation um die Z-Achse sind bei einer Rotation um die X-Achse 29 Personen (7,1%) verletzt worden, bei einer Rotation um die Y-Achse sogar 66 Personen (16%).

⁵ COST 327; Motorcycle Safety Helmets; European Commission; Directorate General for Energy and Transport; 2001; Tabelle 3.20

Bei allen Auswertungen ist zu erkennen, dass die Verletzungsschwere im Kopf- bzw. Nackenbereich im Gegensatz zu anderen Körperregionen erhöht ist. Schwere Verletzungen an der Wirbelsäule haben für die betroffenen Personen meist besonders dramatische Auswirkungen. Hier kann schon ein Bruch, der zum Beispiel am Bein meist unproblematisch verheilen kann, irreparable Folgen haben. Dies bedeutet für die Patienten meist eine deutliche Verringerung der Lebensqualität. Der COST Report macht deutlich, dass ein Schutz vor Hyperflexion und Hyperextension besonders wichtig ist. Aus diesem Grund sollte alles getan werden, um Verletzungsvorgänge dieser Art an der Halswirbelsäule zu reduzieren oder sogar zu verhindern.

3 Funktionsprinzip des Neck-Brace-Systems

Bei der Halswirbelsäule handelt es sich mit um den kompliziertesten Bewegungsapparat des menschlichen Körpers. Bis heute ist es im Motorradbereich nicht gelungen, diesen einerseits effektiv zu schützen und gleichzeitig die beim Sporeinsatz sehr wichtige volle Bewegungsfreiheit zu gewährleisten.

Im Automobilrennsport wurde mit dem HANS[®] System eine Lösung geschaffen, die Verletzungen im Halswirbelsäulenbereich reduzieren kann. Trotz der hohen Komplexität der Entwicklung eines solchen Systems und Absicherung verschiedenster Unfallszenarien liegt die Einfachheit in der Anforderung des HANS[®] System darin, dass lediglich die Beschleunigung des Kopfes nach vorne bei einem durch die Sitzgurte fixierten Oberkörper abgefangen werden muss, um das Risiko einer Verletzungen der Halswirbelsäule und eines Schädelbasisbruches zu reduzieren. Dies konnte konstruktiv durch ein am Helm befestigtes Gurtsystem realisiert werden. Bei Formel-Rennfahrzeugen werden alle anderen Bewegungsrichtungen mittels einer U-förmigen Umschließung des Kopfes durch das Monocoque und die Kopfstütze des Fahrzeuges reduziert. Bei Rallyefahrzeugen und Tourenwagen übernehmen im Kopfbereich des Schalensitzes die nach vorne ausgeformten Kopfstützen die Funktion der Bewegungsrichtung. Beim Motorradfahren ist ein solcher Käfig nicht vorhanden oder realisierbar. Der Kopf muss hier im Gegensatz zu einem lediglich nach vorne schauenden Autorennfahrer stark in alle Richtungen bewegt werden können. Die zu den Hauptverletzungen führenden Impulse und Mechanismen sind um einiges vielfacher, komplexer und unterschiedlicher.

Bei der Entwicklung des Neck-Brace-Systems für Motorradfahrer war die Zielsetzung, die Ursachen für folgende Verletzungen möglichst auf ein Minimum zu reduzieren und dabei gleichzeitig ein Maximum an Bewegungsfreiheit zu garantieren.

In der Sagittalebene (2.1) auftretende Bewegungen:

- Hyperflexion (auch Hyperantiflexion genannt) beschreibt die Überdehnung des Kopfes nach vorne.
- Hyperextension (auch Hyperantiflexion oder Hyperretroflexion) ist der am meisten auftretende Mechanismus bei Halswirbelsäulenschleudertraumas und tritt auf, wenn der Kopf nach hinten überdehnt wird.
- Posterior Hypertranslation beschreibt das Verschieben des Kopfes nach hinten in Relation zum Nacken. Normalerweise tritt diese Verletzung in Verbindung mit einer Extension auf.⁶

In der Frontalebene auftretende Bewegungen:

- Laterale Hyperflexion beschreibt die seitliche Beschleunigung und Überdehnung des Kopfes in Richtung der Schultern

In der Transversalebene auftretende Bewegungen:

- Axial Loading Stauchung der Wirbelsäule durch Krafteinwirkung auf den Helm. Tritt sehr selten ohne gleichzeitige Flexion oder Extension auf.
- Schlüsselbeinfraktur durch die Helmkante.⁷

Momentan gibt es kein Schutzsystem für Motorradfahrer auf dem Markt welches versucht, alle oben aufgeführten Verletzungen zu reduzieren.

Bisher auf dem Markt vorhandene Systeme sind so genannte Schaumkrägen bzw. -krausen. Sie werden um den Hals gelegt und in der Regel mit einem Klettverschluss an der Vorderseite verschlossen. In verschiedenen Varianten und Größen angeboten, kann bei diesen Krägen nur die Extension und Laterale Flexion eingeschränkt werden. Dagegen wird die Flexion, das Beugen des Kopfes nach vorn, kaum reduziert. Da jedoch genau dieser Fall bei Motorradfahrern mit zirka 60% Häufigkeit⁸ die am meisten auftretende Verletzungssituation ist, können diese Schaumkrägen nur einen kleinen Teil zur Verminderung des Verletzungsrisikos beitragen. Sie bieten unter anderem Vorteile, indem sie Ermüdungserscheinungen im Nackenbereich bei längeren Hochgeschwindigkeitsfahrten durch Abstützung des Helmes reduzieren. Durch die zu weiche Struktur der verwendeten Materialien, die geringe Ab-

⁶ Siehe Fußnote 7

⁷ „Parallele Verschiebung des Kopfes, die in den meisten Fällen mit einer Extension bzw. Flexion gekoppelt ist.“ (Biomechanical studies conducted by White & Panjabi; Leatt-Brace Report September 2005 Seite 2)

⁸ Siehe Kapitel 1.1

stützungsfläche zu Helm und Oberkörper und die einzig nach hinten und zur Seite in Betracht gezogene Bewegungsverletzung ist die Funktion dieser Produkte speziell bei großen Kräfteinwirkungen aber als nicht ausreichend zu bewerten.

Der Hauptanteil in der Effektivität des Neck-Brace-Systems liegt in der Funktion, Biegemomente im Nacken sowie obere wie untere Nackenwinkel (Position am Dummy siehe Abbildung 8 auf Seite 22) während der gesamten Unfallsequenz zu reduzieren. Die Wirksamkeit der Konstruktion erhöht sich, indem die zu den Verletzungen führenden unfalltypischen Kraftverläufe vom Kopf direkt auf den Oberkörper geleitet werden und somit den empfindlichen HWS-Bereich nicht erreichen und dadurch entlasten.

Die kontrollierte Begrenzung der sehr gefährlichen, maximal möglichen Winkel im oberen und unteren HWS Bereich wird durch die Konstruktion der Schiene auf vier Arten erreicht:

- Schlag dämpfendes Material auf der Oberfläche und Körperauflagefläche
- Flexibilität durch die Konstruktion der einzelnen Bauteile
- Zusammenschieben eines Systems von beweglichen Teilen, deren Oberfläche mit einem Reibwiderstand versehen ist und dadurch Energie vernichtet.
- Bei extremen Einflüssen kontrollierte Bruchstellen zur Energieaufnahme am System.

Weiter verhindert die Konstruktion der Schiene während einer Translationsverschiebung⁹ des Kopfes ein Rutschen des Helmes über den Rand des Systems. Wäre die Konstruktion des Neck-Brace-Systems hier kürzer und nicht so starr ausgeführt, würden Hebelkräfte auftreten, die das Verletzungsrisiko erhöhen können. Diese fehlende Haltevorrichtung bei Schaumkrägen ist als Nachteil anzusehen. Nachteilige Hebelkräfte würden auch durch eine komplette Umfassung der Halswirbelsäule (z.B. durch eine Nackenkrause, wie sie im Sanitätsbereich verwendet wird) auftreten. Auf das Problem der kompletten Stabilisierung des Nackens wird in Kapitel 1 noch näher eingegangen.

Anzumerken ist hier, dass ein sehr langes Kinnteil, wie es in aktuellen Enduro- und Moto-Cross-Helmen vorzufinden ist, als nachteilig erachtet werden muss. Der 2006 von BMW Motorrad auf den Markt gebrachte Helm „Enduro“ besitzt genau aus diesem Grund ein sehr kurzes, fast einem Integralhelm ähnliches Kinnteil. Durch ein langes Kinnteil wird die Hebelwirkung vergrößert, die zu einer Flexion oder Extension und zu Rotationsverletzungen um die Achse der Wirbelsäule führen kann.

⁹ Parallele Verschiebung des Kopfes, die in den meisten Fällen mit einer Extension bzw. Flexion gekoppelt ist. (Biomechanical studies conducted by White & Panjabi; Leatt-Brace Report September 2005 Seite 2)

4 Methode und Simulation

4.1 Simulationen und Berechnung der Kriterien für Verletzungen im HWS-Bereich

Um eine Bestätigung der Wirkungsweise eines in Fahrerausstattung integrierten Schutzsystems wie dem Neck-Brace-System vorzunehmen, wird in der heutigen Unfallforschung auf eine aufwändige und teure Crashtest-Simulation des gesamten Unfallszenarios mit Fahrzeugintegration verzichtet und als nicht notwendig erachtet.

Ähnlich der Vorgehensweise bei Schlagtests von Helmen und Protektoren oder Abriebtests bei Obermaterialien von Bekleidung, wurde bei der in diesem Abschnitt beschriebenen Simulation versucht, Krafteinleitungen auf den Körper, hier im speziellen den HWS-Bereich, darzustellen, die für Verletzungsursachen relevant sind und der Unfallsituation nahe kommen. Aus welcher Fahrsituation heraus es zu einer solchen Krafteinleitung auf den Fahrer kommt, ist als sekundär zu betrachten.

Im Falle des Neck-Brace-Systems bedeutet dies, Kräfte auf den am Dummy mit Sensoren für Kräfte, Beschleunigungen und Momente versehenen Kopf und Nackenbereich einwirken zu lassen. Durch diese Krafteinwirkungen wird versucht, biomechanische Grenzwerte im HWS-Bereich zu überschreiten, um Verletzungsvorgänge zu simulieren. Dies wurde im mechanischen Labor mit Hilfe des speziell für Motorradansprüche entwickelten MATD-Dummys durch dynamische Bewegungen gegen Hindernisse, Schlageinwirkungen von bewegendenden Massen unterschiedlicher Energie oder statische Krafteinleitung auf den relevanten Bereich untersucht. Erste dynamische Tests im mechanischen Versuchslabor und deren Resultate dienten der Verbesserung und Verifizierung einer so genannten „Computer-Hybrid-III-Surrogate-Model“-Simulation und deren Ergebnisse. Mit dieser angepassten Parametrisierung der Simulationssoftware wurde am Computer eine Vielzahl weiterer Szenarien dargestellt und anschließend ausgesuchten Versuchen im mechanischen Aufbau gegenübergestellt.

Abbildung 4 zeigt beispielhaft für viele andere aufgebaute Szenarien einen solchen Test zur Verifizierung der Reliabilität und Validität von Rechner gestützten und mechanischen Tests. Dieser Test wurde zum einen virtuell im Rechner dargestellt und ausgewertet, zum anderen mit im mechanischen Versuchslabor erzielten Ergebnissen verglichen.

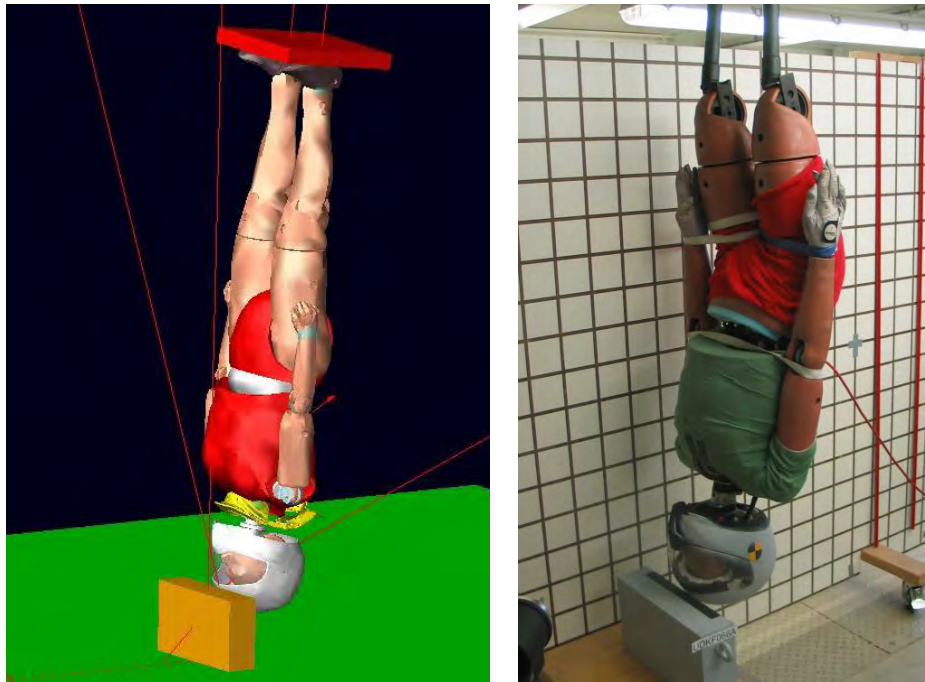


Abbildung 4: Computer Simulation im Vergleich mit mechanischem Versuchsaufbau
im BMW Motorrad Labor

Es war nicht zu erwarten, dass virtuelle und mechanische Tests exakt deckungsgleiche Ergebnisse hervorbringen. Zu viele Randparameter (z.B. Reibung der Scharniere der Anbindung, Reibung zwischen Helm und Hindernis, Toleranzen im Dämpfungsverhalten des Helms) als leicht verzerrende und schwer definierbare Variablen sind vorhanden. Die Ergebnisse zeigten aber durchweg gleiche Tendenzen mit fast identischen Verläufen und Absolutwerten. Dies bestätigte die Validität der mechanischen und rechnerischen Simulation. Auf Grund der Darstellungsbreite der menschlichen Biomechanik in der Computersimulation und der großen Auswertungsmöglichkeiten bis hin zur Kraftverfolgung an beliebigen Stellen des Skeletts sowie der höheren Reliabilität wurden die meisten Tests in der virtuellen Simulation dargestellt.¹⁰

Laufend wurden Ergebnisse und weitere Vorgehensweise in einem interdisziplinären Team diskutiert, welches sich aus Biomechanikern, Ingenieuren, Unfallforschern, Rennärzten, Spezialisten für Rückenmarksverletzungen, Chirurgen, professionellen Sportlern und Testfahrern zusammensetzte.

Dieses Kapitel soll einen Einblick in ausgewählte Tests gewähren und geht auf verschiedene Mechanismen ein, die im Falle eines Sturzes wirken. Bei der verwendeten Methode werden drei ausgesuchte

¹⁰ Die Messungen der numerischen Simulationen können als Grundlage für die Berechnung eines Faktors für Nackenverletzungskriterien herangezogen werden. Dies würde helfen, die Leistungsfähigkeit eines Systems besser zu beschreiben und mit anderen Produkten zu vergleichen. Der Ansatz, einen solchen auf SFI 38.1 basierenden, hier „Neck Injury Criteria Calculations (Nij)“ genannten Faktor darzustellen, wird in Kapitel 1 beschrieben. Dieser hat zum heutigen Forschungsstand noch keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Er kann aber als Grundlage für die Ausweitung dieser Kalkulation betrachtet werden.

Unfallszenarien dargestellt, die zu Hyperflexion, lateraler Hyperflexion oder Hyperextension führten. Hierfür simulierte ein männlicher „50% Hybrid III Dummy“ den Fahrer. Alle dargestellten Situationen wurden mit einer Aufprallgeschwindigkeit von 30 km/h dargestellt und ergaben die abgebildeten Diagramme über den Zeitraum des simulierten Unfallhergangs. Die Situation der Hyperflexion zeigt eine Konstellation, bei der die Beschleunigung den Kopf in eine extreme Vorwärtsposition bewegt und bei der die Vorderpartie des Helms oder das Kinn auf den Brustbereich schlägt. Die dargestellte laterale Hyperflexion zeigt die Situation, bei der die Kopfbewegung in einen extremen seitlichen Winkel geht und Helm oder Kopf auf die Schultern aufschlägt. Die Situation der Hyperextension wird erreicht, indem der Kopf nach hinten beschleunigt wird und der Helm oder Kopf auf die Bereiche zwischen den Schulterblättern schlägt.

Jedes Ergebnis wird in einem Diagramm über den Zeitverlauf dargestellt, die Tendenz und die Unterschiede werden erläutert. Diese drei ausgesuchten Szenarien stellen nur einen sehr kleinen Teil der gesamten Forschungsszenarien in der mechanischen wie virtuellen Simulation dar. Sie wurden ausgewählt, um eine Vorstellung vom Testvorgehen zu geben, wie auch die Funktionsweise des Neck-Brace-Systems zu beschreiben.

4.2 Hyperflexion

Die Hyperflexion wird am beschriebenen Beispiel erreicht, indem ein Motorrad mit 30km/h auf einem Sprunghügel landet. Dabei berührt zuerst das Vorderrad den Hügel und das Hinterrad schlägt gegen den Sprunghügel. Im Moto-Cross- oder Enduro-Sport wird dies als „Zu-kurz-Springen“ bezeichnet. Durch das senkrechte Auftreffen des Motorrades auf den Hügel wird der Fahrer nach vorne abgeworfen, rotiert um 180 Grad und landet Kopf voraus, was zur Hyperflexion führt.



Abbildung 5: Motorrad schlägt zu kurz auf dem Sprung auf (links); Sturz Kopf voraus führt zu einer Hyperflexion (rechts)

4.3 Laterale Hyperflexion

Laterale Hyperflexion wurde durch den gleichen Vorgang wie unter 4.2 erreicht. Der Unterschied besteht in dem Winkel von 75 Grad, in welchem das Motorrad auf den Hügel trifft. Der Fahrer wird dabei nach vorne abgeworfen, rotiert um 180 Grad in Fahrtrichtung, dreht sich zusätzlich 60 Grad nach rechts und landet schräg mit dem Kopf voraus auf dem Untergrund, was zu einer lateralen Hyperflexion führt.¹¹

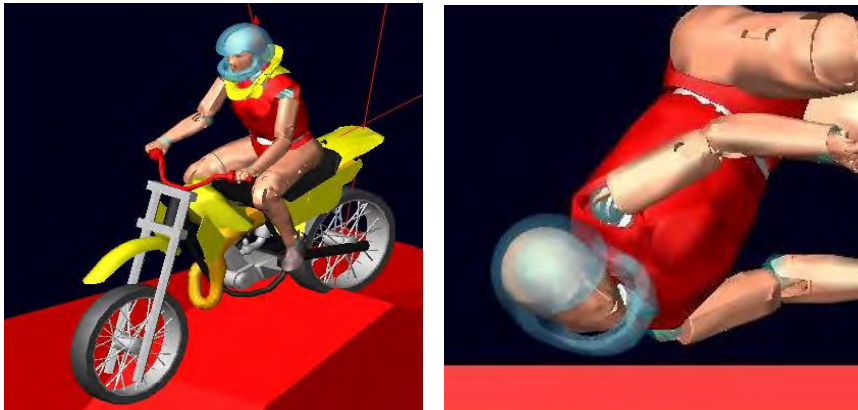


Abbildung 6: Motorrad schlägt zu kurz im Winkel von 75 Grad auf dem Sprung auf (links); Sturz Kopf voraus mit Drehung um 60 Grad führt zu einer lateralen Hyperflexion (rechts)

4.4 Hyperextension

Die Simulation der Hyperextension wird durch einen Kopf voraus stürzenden Fahrer, der in einem Winkel von 15 Grad mit 30 km/h auf einen Sprunghügel fällt, dargestellt. Dies führt dazu, dass der Kopf nach hinten bewegt wird.



Abbildung 7: Dummy (mit Neck-Brace-System) vor dem Aufschlag (links); Hyperextension (ohne Neck-Brace-System) nach dem Aufprall (rechts)

¹¹ In biomechanischen Studien, die von White & Punjabi durchgeführt wurden, tritt eine Rotationsbewegung des Kopfes immer zusammen mit einer lateralen Hyperflexion auf.

4.5 Resultate

Die Ergebnisse der drei typischen Verletzungssituationen wurden über die gesamte Unfallsequenz hinsichtlich folgender Punkte analysiert:

- Nacken Axial Kraft - gemessen in Druck und Zug im oberen Nackenbereich
- Nacken Biegemoment – gemessen in N/mm entspricht 1×10^{-3} N/m am oberen Nackenbereich
- Oberer Nackenwinkel – gemessen zwischen Massezentrum des Kopfes und oberen und unteren Nackendrehpunkt
- Unterer Nackenwinkel – gemessen zwischen oberen und unterem Nackendrehpunkt und Massezentrum des Oberkörpers
- Kopfbeschleunigung – gemessen im Massezentrum des Kopfes

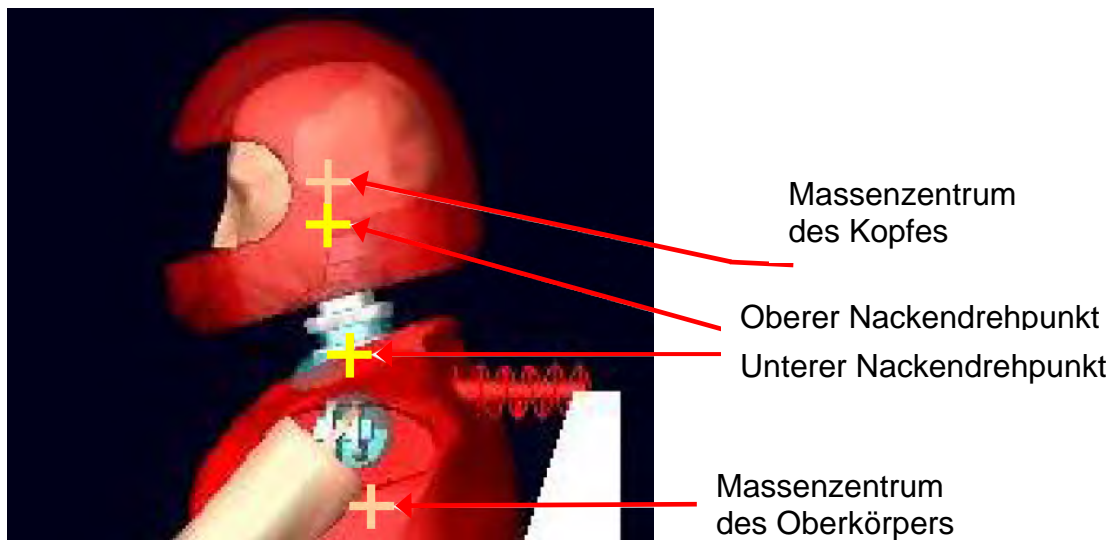


Abbildung 8: Messpunkte am Dummy

Alle Simulationen wurden mit zwei unterschiedlichen Konfigurationen durchgeführt (Abbildung 9):

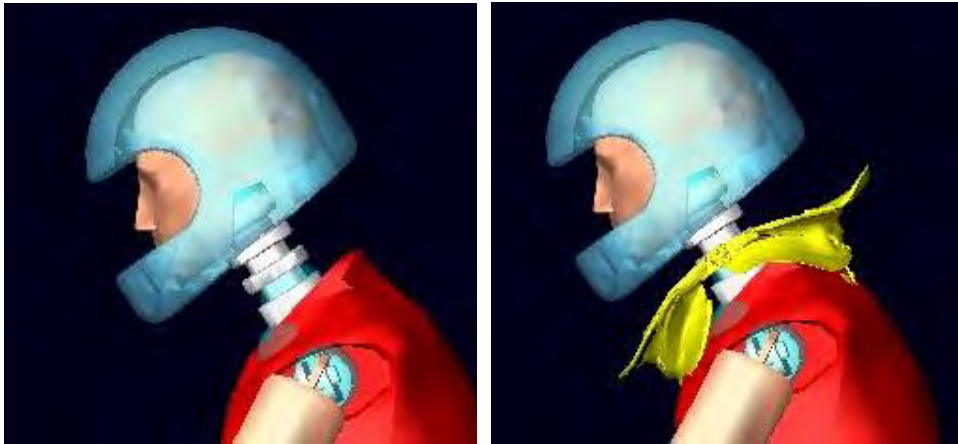


Abbildung 9: Darstellung der beiden Konfigurationen am Dummy.
Links Basis (ohne Schutzsystem), rechts mit Neck-Brace-System

Basis (ohne Schutzsystem): Der Test beschreibt die Bewegungsfreiheit ohne jegliches Protektionssystem. Der Kopf konnte sich frei bewegen und sich in allen oben genannten relevanten Bewegungsformen (Hyperflexion, lateraler Hyperflexion und Hyperextension) gegen den Körper bewegen.

Neck-Brace-System: der Test simuliert die Benutzung des neu entwickelten Neck-Brace-Systems. Das Neck-Brace-System wurde in der Simulation als fester Körper ohne die flexiblen Eigenschaften der Verbundkonstruktion dargestellt. Die hier dargestellten Ergebnisse können gegenüber der Realsituation, bei der die flexible Struktur der Konstruktion des Neck-Brace-Systems und die Dämpfungseigenschaften der Materialkomponenten zusätzlich Energie aufnehmen, als schlechter gedeutet werden.

5 Testergebnisse

Die im Folgenden dargestellten Diagramme der einzelnen Simulationen zeigen, reduziert auf die verletzungsrelevante Dauer des Aufschlages bzw. der Krafteinleitung, einen Verlauf der Kräfte bzw. Momente über die Zeit. Die Ergebnisse wurden mit einem „Low Pass Butterworth order 2“ Filter mit einer Frequenz von 600Hz dargestellt. Sie beschreiben die unterschiedlichen aufgetretenen Kräfte im Nacken- bzw. Kopfbereich, die dann als Grundlage der Berechnung von Nackenverletzungskriterien (Siehe Kapitel 1) dienen können.

Bei beiden Situationen, mit und ohne Neck-Brace-System, sind in allen Diagrammen bei Kräften, Momenten und Beschleunigungen zum Zeitpunkt der Krafteinleitung Spitzenimpulse von kurzer Dauer zu erkennen. Extrem kurze Impulse werden von Biomechanikern für den HWS-Bereich als vernachlässigbar beschrieben. Auch sind Krafteinleitungen in aufrechten, normalen Kopf- bzw. Nackenpositionen bei weitem als nicht so verletzungsgefährlich zu bezeichnen wie bei Kopfpositionen im extremen Bewegungswinkel. Schaden verursachen vielmehr Einwirkungen über lange Zeitverläufe. Hier konnten alle Testläufe eine Verbesserung durch das Neck-Brace-System aufzeigen. Die angesprochenen kurzen Spitzenimpulse liegen alle am Anfang der Krafteinleitung bei aufrechten Kopfpositionen, in denen noch kein Kontakt zwischen Helm und Neck-Brace-System aufgetreten ist. Bei viel gefährlicheren Krafteinwirkungen in abgewinkelten Kopfhaltungen kommt die Funktion des Neck-Brace-System zum Tragen, indem es Energie aufnimmt und den Nacken entlastet.

5.1 Hyperflexion

Abbildung 10 zeigt den Unterschied der Unfallsituation ohne Schutzsystem im Vergleich zu dem mit dem Neck-Brace-System ausgerüsteten Dummy zum jeweils gleichen Zeitpunkt und mit gleichen Randbedingungen eines Sturzes kopfüber nach vorne. Ein Unterschied in den Kopfwinkeln zwischen den beiden Szenarien ist zu erkennen. Dieser Unterschied in der Bewegungsfreiheit führt zu einer Reduktion des Nackenbiegemomentes und der Winkel im oberen und unteren Nackenbereich.

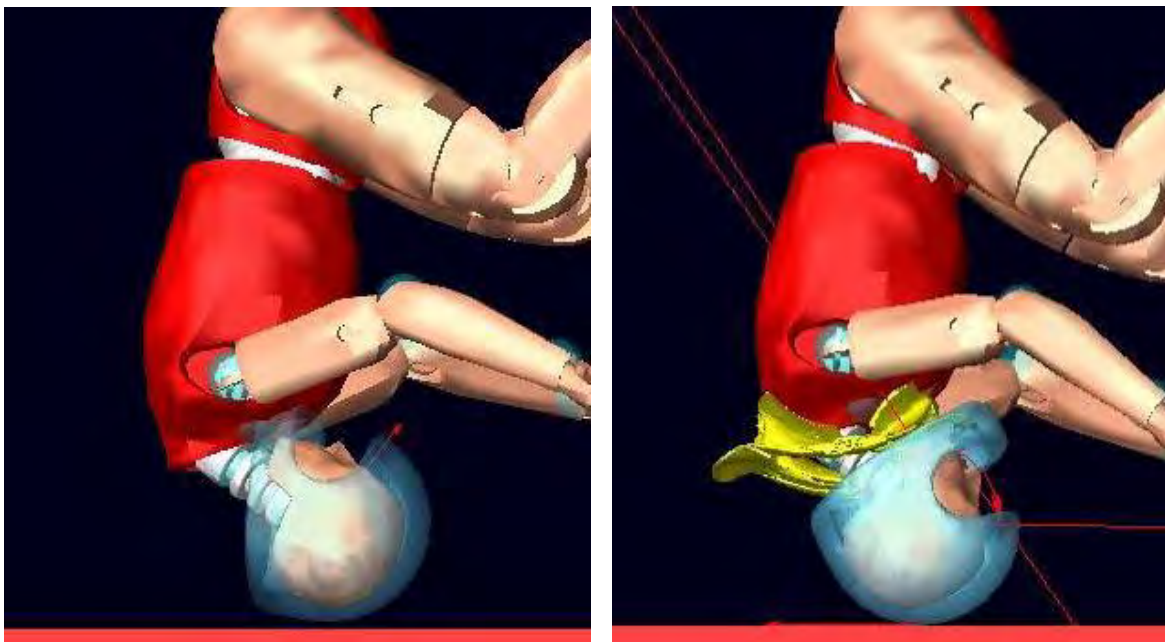


Abbildung 10: Illustration der Hyperflexion ohne und mit Neck-Brace-System

5.1.1 Axiale Nackenkraft bei der Hyperflexion

Die in Diagramm 1 dargestellten axialen Nackenkräfte in Hyperflexion reduzieren sich durch die Verwendung des Neck-Brace-Systems im Vergleich mit der Basis ohne Nackensystem um etwa 35% (Neck-Brace-System als fester Körper ohne Flexibilität dargestellt).

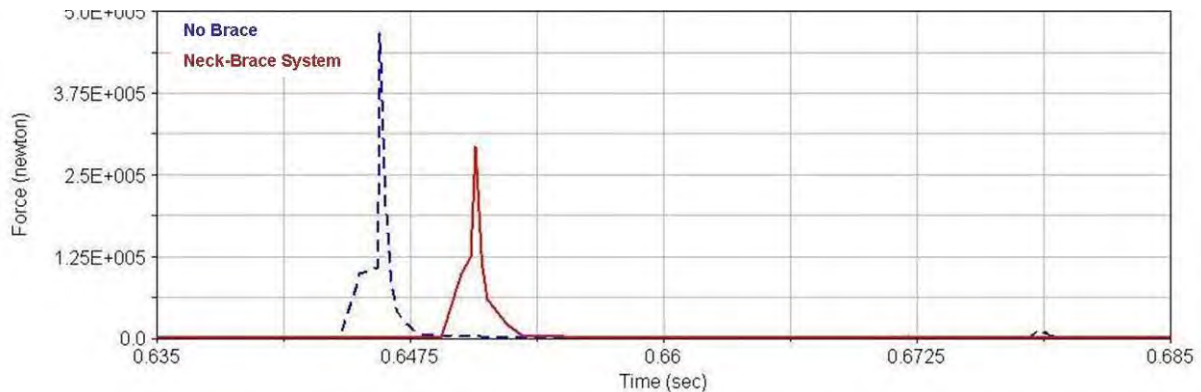


Diagramm 1: Axiale Nackenkräfte bei der Hyperflexion

5.1.2 Nacken Biegemoment in Hyperflexion

Diagramm 2, Biegemoment im Nacken, zeigt ab dem Zeitpunkt des Kontaktes des Helms mit dem Neck-Brace-System eine Reduktion des Biegemoment im Vergleich zur Basis ohne Schutzsystem. Dies resultiert direkt aus der Limitierung des Nackenwinkels während des Aufschlags. Das Biegemoment in der Spitze reduziert sich um 10%. Durch die Abstützung des Helms auf der Schiene nach dem Aufprall kommt es zur Reduzierung der axialen Nackenkraft, indem diese vom Helm direkt auf den Oberkörper übergeleitet und großflächig verteilt wird. (5.1.1)

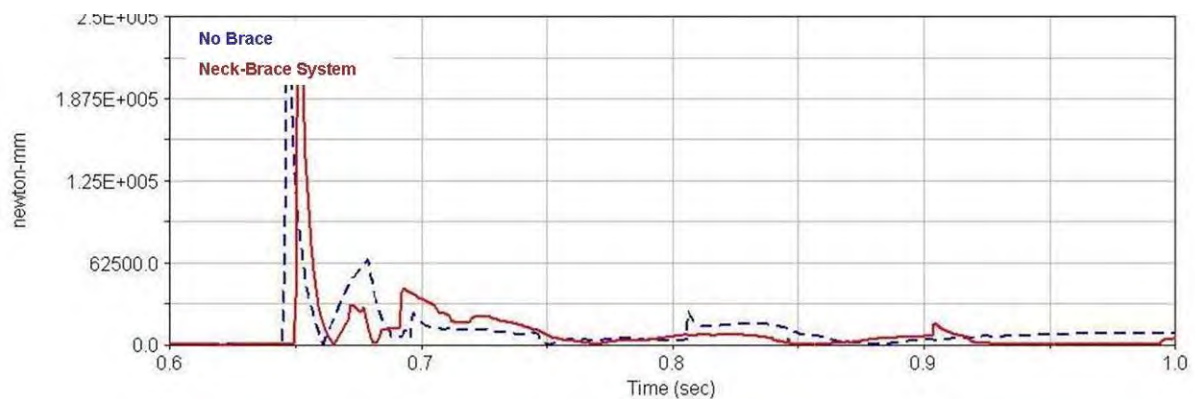


Diagramm 2: Nacken-Biegemoment in Hyperflexion

5.1.3 Oberer und unterer Nackenwinkel in Hyperflexion

Der obere und untere Nackenwinkel werden in Diagramm 3 und Diagramm 4 dargestellt. Sie zeigen die Reduzierung des Bewegungsbereiches durch das Neck-Brace-System während des Aufschlags. Das Neck-Brace-System reduziert die Winkel im oberen Nackenbereich, indem es den Kopf daran hindert, von der neutralen 180 Grad Stellung in die Position der Hyperflexion zu gelangen.

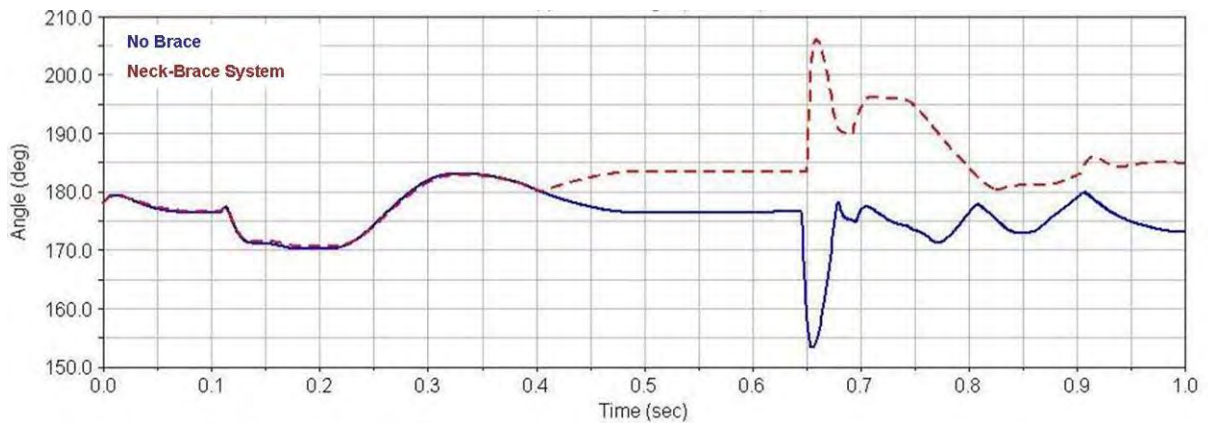


Diagramm 3: Oberer Nackenwinkel in Hyperflexion

Die Unterschiede im Profil für das Neck-Brace-System zur Basis am unteren Nackenwinkel zeigt eine signifikante Reduzierung von Nackenposition und -winkel um 15% (Diagramm 4).

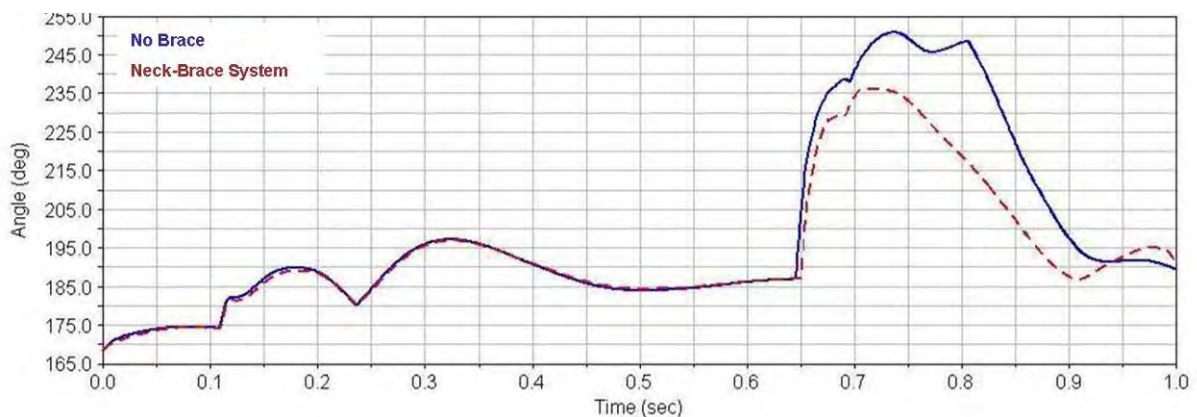


Diagramm 4: Unterer Nackenwinkel in Hyperflexion

5.1.4 Kopfbeschleunigung in Hyperflexion

Durch das kontrollierte, verlangsamte Stoppen des Kopfes durch das Neck-Brace-System während des Aufschlags reduziert sich die Kopfbeschleunigung um etwa 60%. Das Neck-Brace-System (als fester Körper ohne Flexibilität simuliert) reduziert die Kopfbeschleunigung direkt nach dem Aufschlag gegen Null, während die Basis ohne System eine beim Aufschlag sehr hohe, dann abfallende Beschleunigung zeigt.

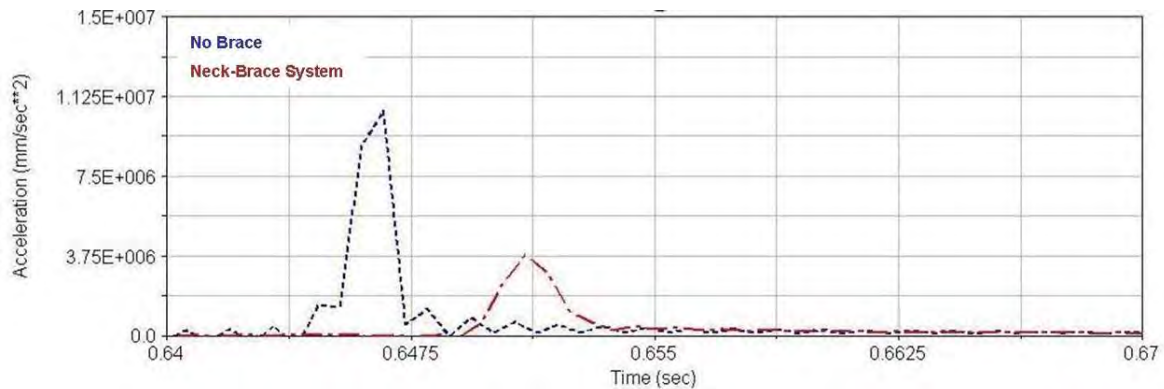


Diagramm 5: Kopfbeschleunigung in Hyperflexion

5.2 Laterale Hyperflexion

Der in Abbildung 11 illustrierte Sturz zeigt einen Aufprall, bei dem der Fahrer, wie im Kapitel der Hyperflexion, Kopf voraus aufschlägt. Zusätzlich rotiert dessen Körper um 60 Grad um die eigene Achse. Im Gegensatz zur Darstellung der Basis ohne Schutzsystem im linken Bild zeigt die Verwendung des Neck-Brace-Systems eine starke Reduzierung der Bewegung zur verletzungskritischen lateralen Position. Das Neck-Brace-System stützt den Kopf während des Aufschlags in einer neutraleren Position. Der kleinere Winkel des Torso in Relation zum Boden zeigt, dass durch das Neck-Brace-System mehr Energie auf den Torso übertragen wird.

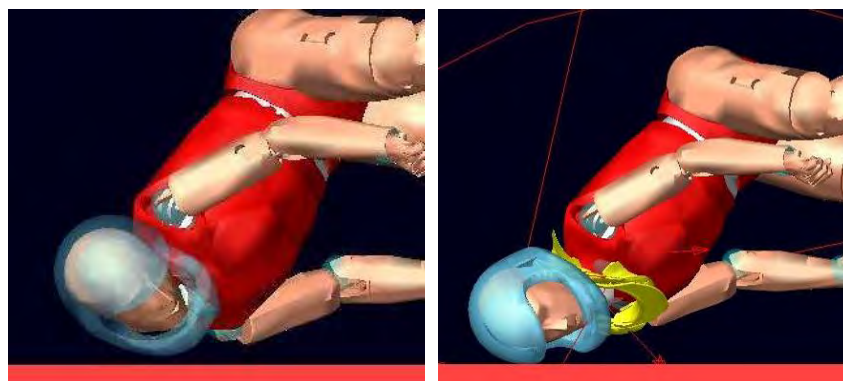


Abbildung 11: Illustration der Lateral Hyperflexion ohne und mit Neck-Brace-System

5.2.1 Axiale Nackenkraft in lateraler Hyperflexion

Die axiale Nackenkraft zeigt durch das Neck-Brace-System im Vergleich zur Basis ohne Schutz eine Reduzierung der absoluten Werte um 40%.

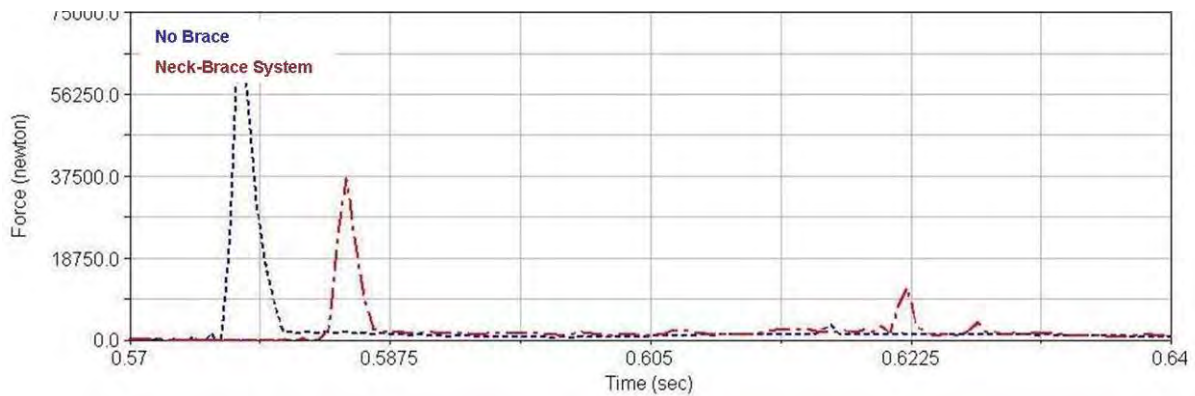


Diagramm 6: Axiale Nackenkraft in lateraler Hyperflexion

5.2.2 Nackenbiegemoment in lateraler Hyperflexion

Das in Diagramm 7 dargestellte Nackenbiegemoment mit Neck-Brace-System reduziert sich bei Berührung des Helmes mit dem Neck-Brace-System im Vergleich zur Basis ohne Schutz durch die Limitierung der Bewegungswinkel. Nach dem Aufprall reduziert sich das Moment durch die kontrollierte Kopfbewegung bei der Verwendung des Neck-Brace-System.

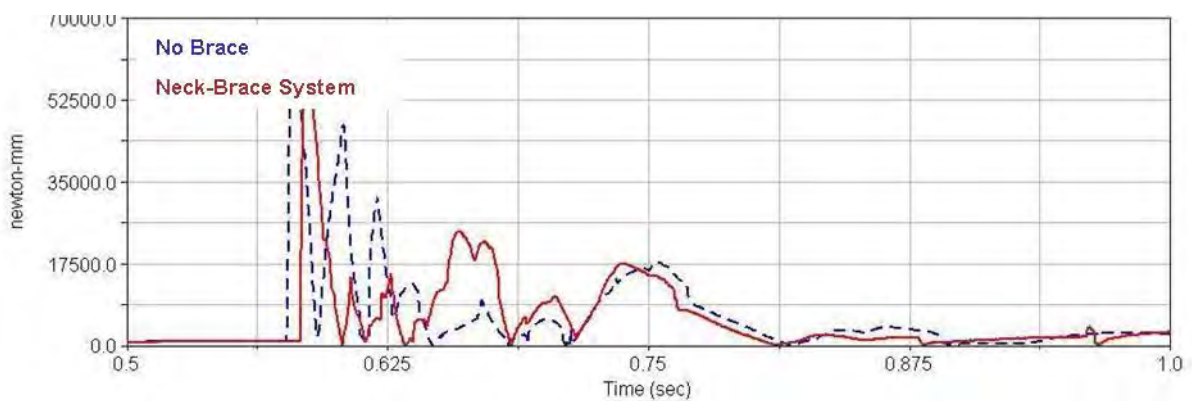


Diagramm 7: Nackenbiegemomente in lateraler Hyperflexion

5.2.3 Oberer und unterer Nackenwinkel in lateraler Hyperflexion

Der in Diagramm 8 dargestellte obere Nackenwinkel zeigt bei der Simulation mit Neck-Brace-System im Vergleich zur Basis eine Reduzierung von bis zu 10%.

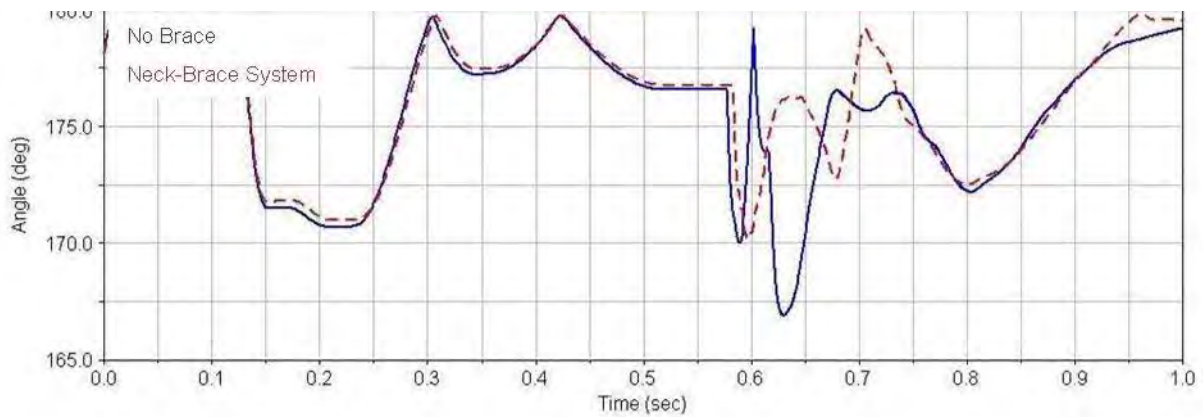


Diagramm 8: Oberer Nackenwinkel in lateraler Hyperflexion

Der untere Nackenwinkel (Diagramm 9) reduziert sich durch das Neck-Brace-System um eine wirkungsvolle Größe von 8 Grad bei einem ähnlichen Verlauf der Kurven nach dem Aufschlag.

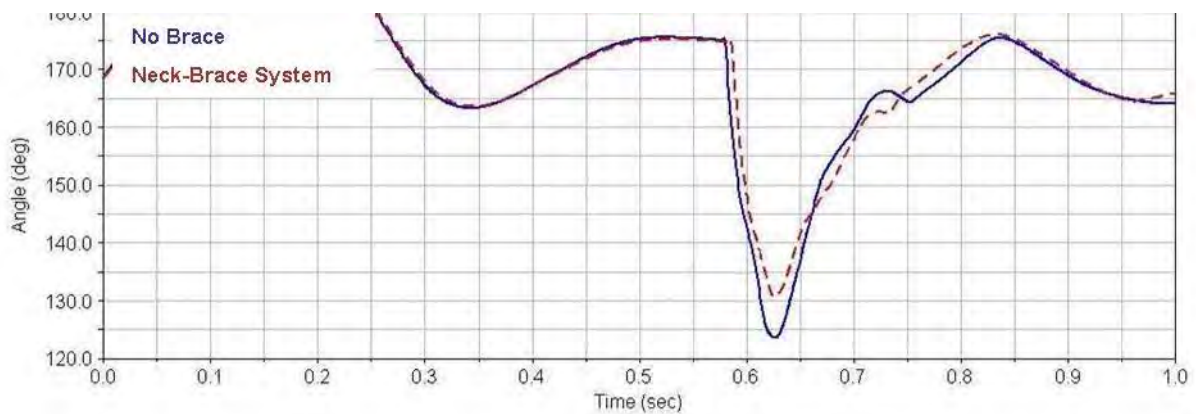


Diagramm 9: Unterer Nackenwinkel in lateraler Hyperflexion

5.2.4 Kopfbeschleunigung in lateraler Hyperflexion

Diagramm 10 zeigt den Unterschied in der Kopfbeschleunigung bei der Simulation zwischen der Basis ohne System und dem Neck-Brace-System. Es ist eine Reduzierung in den Beschleunigungsspitzen von 35% zu erkennen.

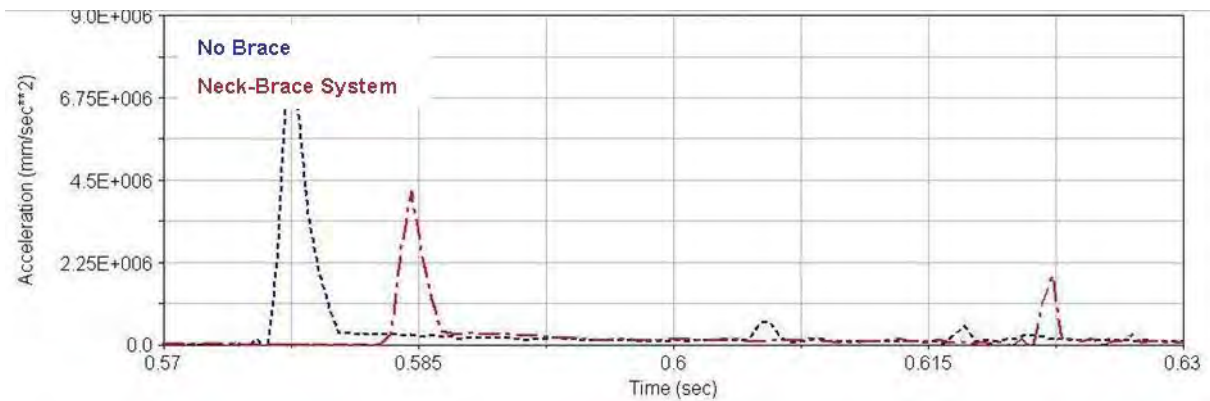


Diagramm 10: Kopfbeschleunigung in lateraler Hyperflexion

5.3 Hyperextension

Abbildung 12 zeigt die Simulation eines Sturzes mit dem Kopf voraus mit einer Geschwindigkeit von 30 km/h. Im linken Bild das Basis-System ohne Schutz im Vergleich zur Situation mit Neck-Brace-System im rechten Bild. Es ist ein großer Unterschied zwischen den beiden Abläufen in den Winkeln des Kopfes zu erkennen. Der verminderte Bewegungsbereich führt zu einer Reduktion des Biegemoments im Nacken und der oberen wie untere Nackenwinkel. Wie auch bei der lateralen Hyperflexion beschrieben, zeigen der verringerte Winkel des Torso in Relation zum Untergrund und die Position der Arme eine direkte Übertragung der Energie vom Neck-Brace-System auf den Oberkörper und somit weg vom sensiblen Nackenbereich.

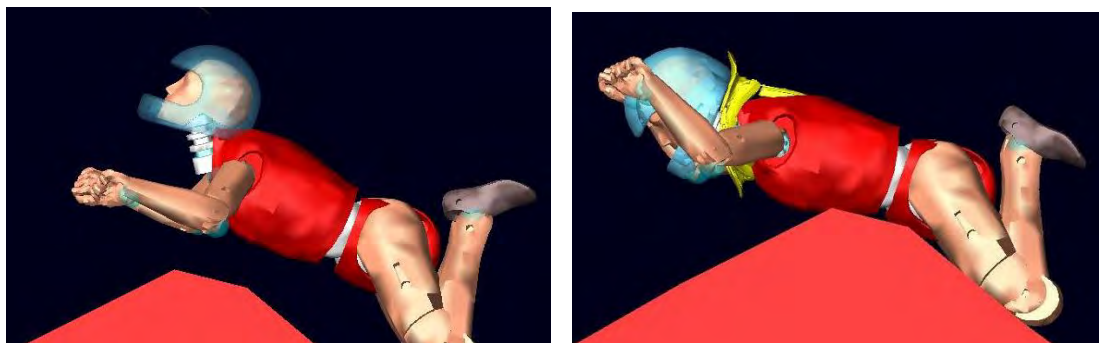


Abbildung 12: Illustration der Hyperextension ohne und mit Neck-Brace-System

5.3.1 Axiale Nackenkraft in Hyperextension

Bei den axialen Nackenkräften zeigt die Verwendung des Neck-Brace-System im Vergleich zur Basis ohne Schutz eine Reduzierung von etwa 15% in den Spitzen.

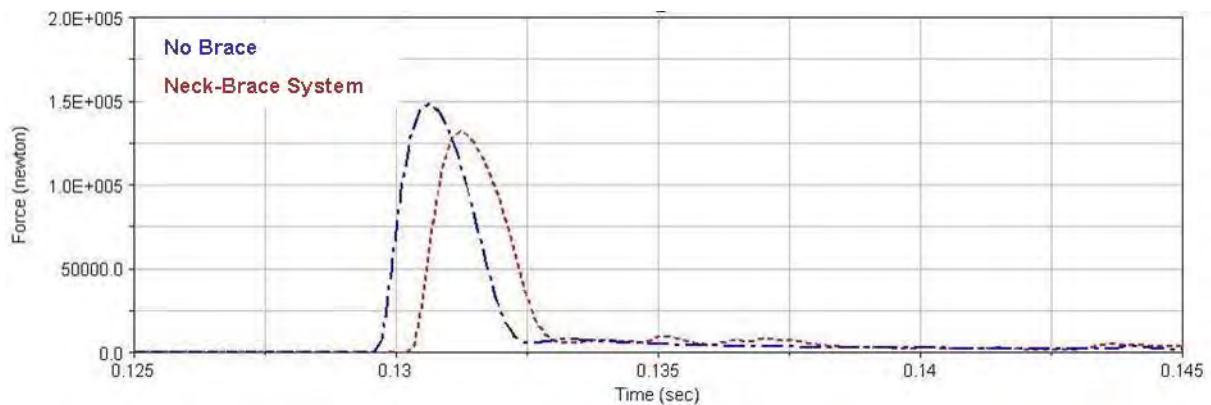


Diagramm 11: Axiale Nackenkräfte in Hyperextension

5.3.2 Nackenbiegemoment in Hyperextension

In Diagramm 12 ist durch Verwendung des Neck-Brace-System im Vergleich zur Basis ohne System eine Reduzierung des Biegemoments im Nackenbereich von bis zu 50% zu erkennen. Auf die Spitzenkräfte, die zu Beginn der Krafteinleitung auftreten und bei beiden Testsituationen ähnlich Werte aufweisen, wurde bereits am Anfang dieses Kapitel eingegangen.

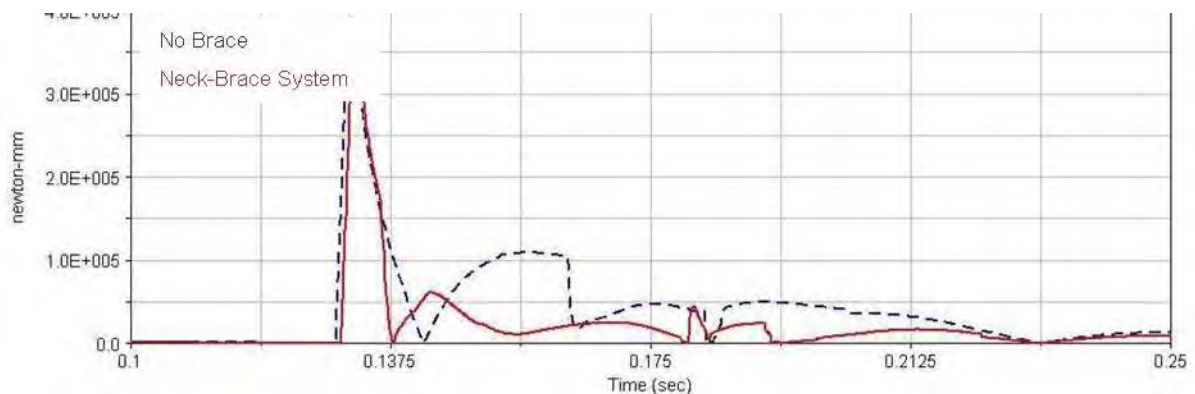


Diagramm 12: Nackenbiegemomente in Hyperextension

5.3.3 Oberer und unterer Nackenwinkel in Hyperextension

Der Nackenwinkel wurde im oberen Bereich durch die Verwendung des Neck-Brace-System während des Aufschlags in der Spitze um 10 Grad, nach dem Aufschlag um durchschnittlich 12 Grad reduziert.

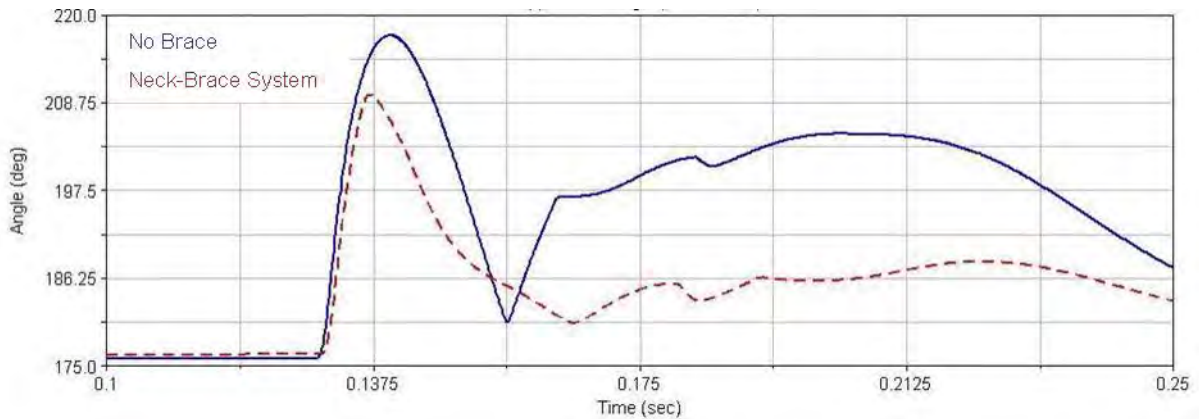


Diagramm 13: Oberer Nackenwinkel in Hyperextension

Der Graph für den Winkel im unteren Nackenbereich zeigt eine Reduzierung von 13 Grad beim Aufschlag und von durchschnittlich 16 Grad nach dem Aufschlag.

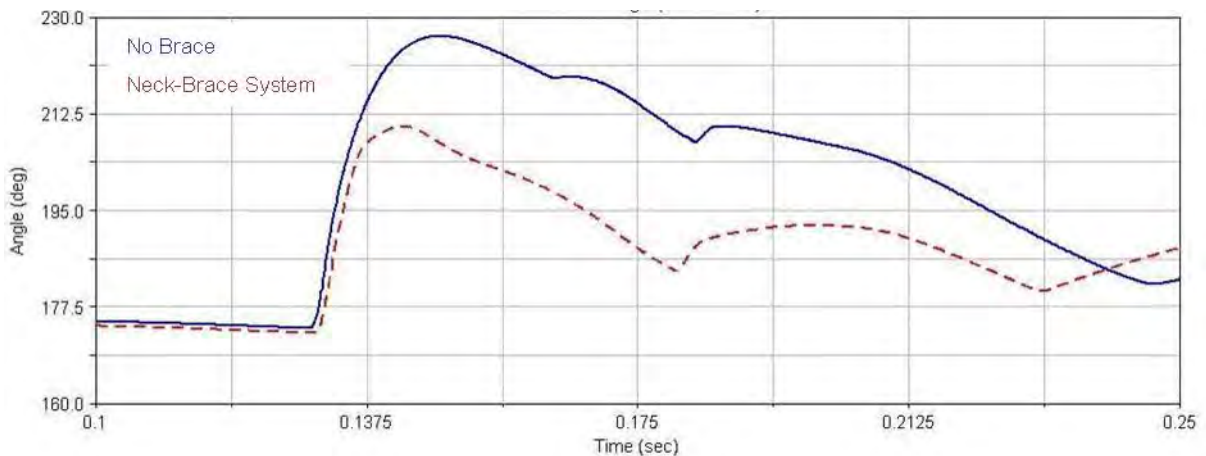


Diagramm 14: Unterer Nackenwinkel in Hyperextension

5.3.4 Kopfbeschleunigung in Hyperextension

Die Spitzen in den Werten der Kopfbeschleunigung wurden durch die Verwendung des Neck-Brace-System um etwa 5% reduziert. Diese auf den ersten Blick kleine Reduzierung des Wertes kann auf-

grund des hohen Verletzungsrisikos durch schnelle „Peitschbewegungen“ bei hohen Kopfbeschleunigungen als sehr gut bezeichnet werden. Die durch das Neck-Brace-System eingeschränkte Bewegung erlaubt es, den Kopf in vorhersagbarer Weise zu kontrollieren, indem die Energie weg vom HWS-Bereich direkt auf den Oberkörper umgeleitet wird.

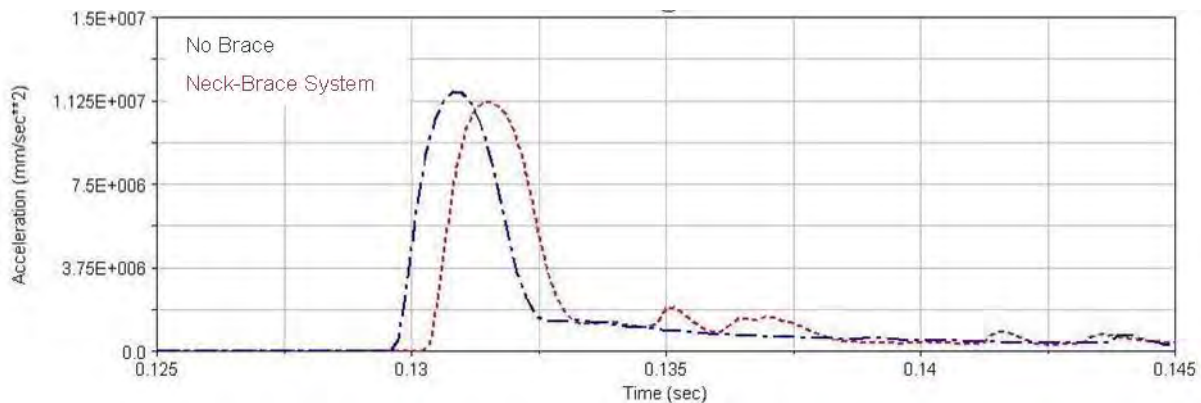


Diagramm 15: Kopfbeschleunigung in Hyperextension

5.4 Zusammenfassung

Die auf Basis der „Computer-Hybrid-III-Surrogate-Model“-Simulation dargestellten Ergebnisse zeigen den Nutzen dieses Instruments zur Bewertung von Unfalltestsimulationen zur Absicherung des Neck-Brace-Systems. Die Unterschiede in den gezeigten Ergebnissen bei der Darstellung mit Neck-Brace-System im Vergleich zur Basis ohne Schutzsystem zeigen klare Vorteile bei der Benutzung des entwickelten Systems hinsichtlich der Reduzierung von Verletzungen im HWS-Bereich.

Die durch Verwendung des Neck-Brace-Systems produzierten Ergebnisse zeigen über alle Testszenarien hinweg eine Reduzierung von Nackenkräften und Winkeln. Die Nackenmomente während der Simulation mit Neck-Brace-System sind beim Vergleich mit der Basis ohne Schutz verhältnismäßig niedrig und in einigen Fällen sogar drastisch kleiner. Verringerte Nackenmomente sind zu erwarten, da das Konstruktionsprinzip auf die kontrollierte Begrenzung der sehr gefährlichen, maximal möglichen Abwinklung des HWS-Bereichs beruht.

Wichtig ist bei den Ergebnissen die Zeit, über die Biegemomente oder andere Kopf- und Nackenkräfte die maximalen Werte erreichen. Die Kombination eines langen Zeitverlaufs mit gleichzeitig hohen Kräften oder Momenten ist in Relation signifikant zueinander, was zu einem potenziellen Anstieg des Verletzungsrisikos führt. Zum Beispiel ist die Gefahr von Nackenverletzungen deutlich größer, wenn eine große axiale Kraft auf einen vollkommen abgewinkelten Nacken einwirkt.

Die durch das Neck-Brace-System erreichten Ergebnisse deuten auf eine effektive Möglichkeit, Verletzungen im HWS-Bereich vermindern zu können. Die niedrigeren Biegemomente sowie die Limitierung der Auslenkung des Bewegungsapparats in den gefährlichen maximalen Winkeln in Kombination mit gesenkten Nackenkräften können zu einer Reduzierung der Möglichkeit einer Verletzung in jeder Bewegungsrichtung im HWS-Bereich führen. Die vielfältigen Unfallmöglichkeiten bei Motorradfahrern ergeben eine Vielzahl von schwer kalkulierbaren Situationen, die zu Einwirkungen von allen Seiten im Kopfbereich führen können. Die Benutzung des Neck-Brace-Systems stellt einen großen Schritt zur Reduzierung von Verletzungen im HWS-Bereich dar. Es kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass bei dieser Vielzahl von möglichen Situationen das Neck-Brace-System teilweise keine oder nur geringe Wirkung zeigt. Bis zum heutigen Tage ist auf dem Markt jedoch kein System erhältlich, welches die aufgezeigten Ergebnisse erreichen kann.

Die Benutzung des Neck-Brace-System zeigte bisher im Fahrversuch keine signifikanten Nachteile. In vielen Versuchsfahrten wurden Behinderungen in der Beweglichkeit oder im Gebrauch nicht reklamiert. Gerade im Straßenverkehr, wo große Einschränkungen vermutet wurden, konnten keine wesentlichen Nachteile erkannt werden. Aufgrund des Funktionsprinzips kommt es zu Einschränkungen beim Seitenblick und beim Blick nach hinten. Jedoch sind alle Fahrer nach einer kurzen Eingewöhnungszeit mit den geringen Einschränkungen sehr gut zurecht gekommen und es wurde nach längerer Benutzung des Neck-Brace-Systems bei Fahrten ohne System sogar ein Gefühl von Sicherheitsverlust festgestellt. Alle Einschränkungen sind insgesamt jedoch nicht als Sicherheitsrisiko zu bewerten.

Auch wenn in allen Versuchen hier sehr gute Ergebnisse erzielt wurden, bei denen alle relevanten Größen teilweise deutlich reduziert werden konnten, muss die Erwartungshaltung realistisch bleiben. Das Neck-Brace-System kann mit Sicherheit Verletzungen mildern, reduzieren oder verhindern. Mit Sicherheit hat es aber wie alle Systeme, deren Konstruktionsziel es ist, Verletzungen zu minimieren oder die Sicherheit zu erhöhen (z.B. Helme, Protektoren, ABS, Airbag etc.), seine Grenzen, über die hinaus Unfälle weiterhin Folgen für den Fahrer haben können. Es wäre nach heutigem Entwicklungsstand aber trotz allem ein großer Beitrag, um die Sicherheit beim Motorradfahren und im Sport zu erhöhen.

6 Konzept der Kalkulation eines Nacken-Verletzungskriteriums Nij (Neck Injury Criteria Calculations Nij)

Die in den Testergebnissen gezeigten Resultate bestätigten die hypothetischen Annahmen zur Funktionsweise des Neck-Brace-Systems. Analog zu den anderen Verletzungskriterien (z.B. HIC-Wert) wäre es wünschenswert, einen Kennwert für die HWS-Verletzung zu definieren. Hierzu hat Dr. Chris Leatt mit dem so genannten „Neck Injury Criteria Calculations“ – Nij – ein Grundlagenkonzept als möglichen Ansatz einer Kalkulation eines Nackenverletzungskriteriums in Anlehnung an SF 38.1 vorgestellt.¹²

Trotz der Validität der unten angegebenen Formel sind weiterführende Überlegungen und Verbesserungen der Einflussgrößen nötig, um als Vergleichsinstrument für die Funktionseinstufung von Schutzsystemen des HWS Bereich zu dienen. In der vorgeschlagenen Formel erhöhen starke Einschränkungen (bis hin zur Fixierung) der Bewegungsfreiheit von Kopf und Wirbelsäule alle Nackenkräfte und -momente und somit das Nij-Ergebnis. Das bedeutet, durch Verhinderung (im extremen Fall) jeglicher Bewegung von Hyperflexion und Hyperextension steigt der Nij unangemessen an. Sollte der Nacken keine Möglichkeit haben, sich durch Krafteinleitung am Kopf zu bewegen, weil er zu sehr fixiert ist, kann eine Kraft unter 2000 N ausreichen, um eine Nackenverletzung bei der Messung mit einem Hybrid-III-Dummy zu simulieren.¹³ Die SFI Foundation in den USA empfiehlt in der SFI-Spezifikation 38.1 für ein Kopf- und Nacken-Schutzsystem, als maximale Kraft für eine Druck- oder Spannungsbelastung auf den Nacken 4000 N und einen Nij von kleiner oder gleich eins¹⁴. Bei einer Abschätzung von Verletzungsrisiken kann somit die Gewichtung einer ausreichenden Bewegungsfreiheit wichtiger sein als das Auftreten von Biegemomenten und Kräften.

Alle gängigen Klassifizierungssysteme von Verletzungen in Forschungsartikeln geben die Hyperflexion und Hyperextension als kritischsten Faktor an. Jedoch sind nicht allein die Hyperflexion und die Hyperextension als einzige Verletzungsfaktoren anzusehen. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Energie, mit welcher der Kopf beim Unfall beaufschlagt wird. Hier muss versucht werden, diese Kraft direkt auf ein Schutzsystem zu übertragen und somit den Nacken von Verletzungsverursachenden Kräften schützen. D.h. Kräfte vom Kopf werden direkt auf das Neck-Brace-System (und somit auf den Oberkörper) übertragen, um somit große Differenzen in der negativen Beschleunigung zu vermeiden. Dazu ist es notwendig den Kopf in einer kontrollierten Form, über die Abstützung des Helmes auf dem Schutzsystem und die Konstruktionsweise kontrolliert abzubremesen. Dr. Chris Leatt schlägt folgende Formel für die Berechnung des Nij vor:

¹² Leatt-Brace Research Report September 2005

¹³ Cervical Spine Protection Report, Prepared for NOCSAE, M. Panjabi, Ph.D., B. Meyers, M.D., Ph.D. 1995

¹⁴ Leatt-Brace Research Report September 2005 Seite 4 (SFI Spezifikation 38.1; Januar 2005)

$$N_{ij} = \frac{ROM}{Mrom} \left(\frac{Fz}{Fzc} + \frac{Mocy}{Myc} \right) * Bf$$

Gleichung 1: Vorschlag von Dr. Chris Leatt für die Berechnung des N_{ij} ¹⁵

Wie weiter oben erwähnt, ist das Nackenverletzungsrisiko nicht allein von Parametern in der Gleichung abhängig. Die kontrollierte Abbremsung des Kopfes wird in dieser Formel nicht berücksichtigt, da die Formel für den Fall der axialen Stauchung ausgelegt ist und somit eine Verzögerung des Kopfes in der Sagittalebene nicht relevant ist. Eine wirksame Abbremsung kann nur im Fall der Flexion oder Extension erfolgen.

In Tabelle 3 ist der Zusammenhang zwischen den kritischen Größen (Überdehnung und Stauchung) und den unterschiedlich konfigurierten Dummies (50% Mann; 5% Frau) dargestellt. Dabei wurde die Verzögerung des Kopfes als kritische Größe nicht betrachtet.

Tabelle 3: Grenzwerte bzw. kritische Werte für eine Darstellung des N_{ij} ¹⁶

Dummy	Test Typ	Kritische Größe			
		Fzc (N) Zug	Fzc (N) Druck	Myc (Nm) Flexion	Myc (Nm) Extension
50% Mann	in Position	6806	6160	310	135

¹⁵

N_{ij} : Kriterium für Nackenverletzungen;

ROM: Range of Movement (Bewegungsfreiheit des Kopfes)

Mrom: Maximum Range of Movement (Maximale Bewegungsfreiheit des Kopfes) hierzu siehe Tabelle in Kapitel 2.2

F: Kräfteeinwirkung in jeweiliger Richtung x,y,z. Siehe hierzu Abbildung 2.1 Zusatz c: Critical Value siehe Tabelle 3

Bf: Brainfaktor

$Mocy = My - (D * Fx)$

My: Moment an der y Achse gemessen

D: Abstand zwischen dem Kraftaufnehmer und dem Gelenkkörper beim Hybrid III Dummy (0,01778m)

¹⁶ Nach SF38.1

Abbildung 13 verdeutlicht das von Dr. Chris Leatt vorgestellte Konzept in graphischer Form.

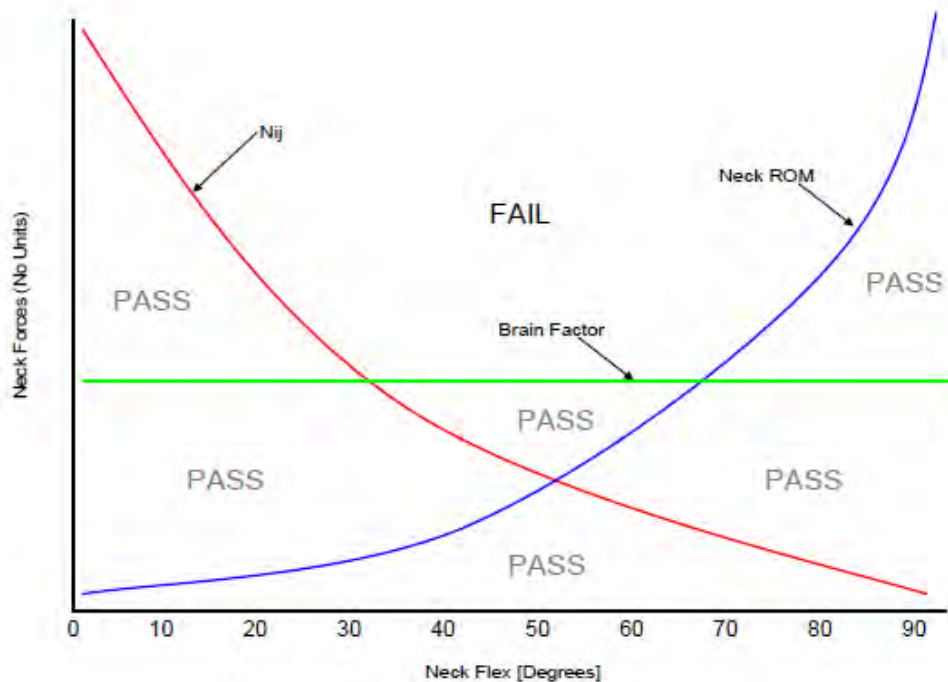


Abbildung 13: Darstellung des von Dr. Chris Leatt vorgestellten Konzepts eines neuen Beurteilungskriteriums für Nackenverletzungen¹⁷

7 Ausblick

Der Bericht gewährt einen kleinen Einblick in die umfangreiche Arbeit, die eine Entwicklung und Absicherung der Funktionsweise eines neuartigen Schutzsystems mit sich bringt. Die Wirkungsweise des Systems wurde anhand der ausgewählten Testverfahren aufgezeigt. Mit dem heutigen Stand des Neck-Brace-Systems wurden inzwischen von einer Vielzahl von Test- und Wettbewerbsfahrern unzählige Kilometer mit sehr positivem Feedback zurückgelegt. Der erstmalige Zusammenschluss verschiedener Spezialisten hat sich als richtig und Ziel führend erwiesen, um einen neuen Weg in der Sicherheit des Motorradfahrens einzuschlagen. Die Hoffnungen in das System von Fahrern wie auch der Presse sind immens hoch. Hierbei sollte aber nicht vergessen werden, dass die Akzeptanz, ein solches System täglich als normales Schutzprodukt wie beispielsweise Helm oder Rückenprotektor zu verwenden, nicht als sehr hoch eingestuft werden kann. Es wird ähnlich wie vor Jahren bei den ersten Integralhelmen oder Rückenprotektoren eine gewisse Zeit der Institutionalisierung im Markt, aber auch der Weiterentwicklung des Produktes, vergehen müssen.

¹⁷ Copyright by Leatt-Brace TM. Basierend auf dem Ansatz von Dr. Chris Leatt

Aufgrund der langsam zu erwartenden Verbreitung des Systems bei Motorradfahrern wird es sich in naher Zukunft nicht signifikant auf die Verletzungszahlen auswirken. Ein erster Schritt wird hier mit Sicherheit der Sporteinsatz sein, um über diesen wie so oft die Wahrnehmung beim Alltagsfahrer zu schärfen und ihn von der Notwendigkeit eines solchen Systems zu überzeugen. Weiter muss ganz klar erwähnt werden, dass jedes Sicherheitsprodukt Grenzen in seiner Wirkungsweise aufweist. Hier sollte man sich zu keiner falschen Illusion von Sicherheit hinreißen lassen, sondern sich der begrenzten Möglichkeiten bei extremen Unfällen, selbst von Systemen wie dem Neck-Brace-System, aber auch Helmen oder Protektoren neuester Bauart, ständig bewusst sein. Kein System kann jegliches Risiko einer Verletzung kompensieren. Es kann lediglich Verletzungen bis zu einem gewissen Grad verhindern, beziehungsweise deren Schwere auf ein leichteres Verletzungsniveau senken.

Das Neck-Brace-System bedeutet einen großen Schritt nach vorn in der Sicherheitstechnik. Erstmals wurde ein System für Motorradfahrer entwickelt, welches Verletzungen im Nackenbereich reduzieren kann. Klar muss aber sein, dass dieses System noch am Anfang seiner Entwicklung steht. Ähnlich wie bei der Evolution des Helmes, die von Ledermützen über kleine Halbschalenhelme bis zu den heutigen modernen Integralhelmen über Jahre einer Weiterentwicklung unterzogen wurde, werden in Zukunft, basierend auf dem heutigen Stand des Neck-Brace-Systems, weitere Schritte folgen. Eine nächste Herausforderung der Forschung und Weiterentwicklung müsste zum Beispiel die Reduzierung der Translationsverschiebung des Kopfes sein. Hier bietet das Neck-Brace-System zum heutigen Zeitpunkt noch kein befriedigendes Ergebnis. Es wurde bisher keine Lösung gefunden, den Nacken soweit biomechanisch verträglich zu fixieren, um hier die Verletzungsgefahr zu senken. Hier wäre eine Kombination mit Helm und Rückenprotektor denkbar.

Die Weiterentwicklung des Produkts werden sicher kleinere und handlichere Ausführungen des heutigen Modells sein. Ähnlich wie heute Rückenprotektoren in jeder Motorradjacke zum selbstverständlichen Serienumfang gehören wäre es denkbar, ein in die Bekleidung integriertes Nackenschutzsystem als alltägliches Schutzelement beim Kauf von Motorrad-Fahrerausstattung zu bekommen.

8 Verzeichnisse

8.1 Abbildungen

Abbildung 1: BMW Motorrad Werksfahrer Chris Pfeiffer mit Neck-Brace-System beim Erzbergrennen 2006

Abbildung 2: Schematische Darstellung der Frontal-, Sagittal-, und Transversalebene und der entsprechenden X-, Y- und Z-Achse

Abbildung 3: Hyperflexion (links) und Hyperextension (rechts) als Rotationsbewegung in der Sagittalebene

Abbildung 4: Computer Simulation im Vergleich mit mechanischem Versuchsaufbau im BMW Motorrad Labor

Abbildung 5 : links: Motorrad schlägt zu kurz auf dem Sprung auf; rechts: Sturz Kopf voraus führt zu einer Hyperflexion

Abbildung 6: links: Motorrad schlägt zu kurz im Winkel von 75 Grad auf dem Sprung auf; rechts: Sturz Kopf voraus mit Drehung um 60 Grad führt zu einer lateralen Hyperflexion

Abbildung 8: links: Dummy (mit Neck-Brace-System) vor dem Aufschlag; rechts: Hyperextension (ohne Neck-Brace-System) nach dem Aufprall

Abbildung 9: Messpunkte am Dummy

Abbildung 10: Darstellung der beiden Konfigurationen am Dummy. Basis (ohne Schutzsystem) auf der linken Abb. und mit Neck-Brace-System auf der rechten Abb.

Abbildung 11: Illustration der Hyperflexion ohne und mit Neck-Brace-System

Abbildung 12: Illustration der Lateral Hyperflexion ohne und mit Neck-Brace-System

Abbildung 13: Illustration der Hyperextension ohne und mit Neck-Brace-System

Abbildung 14: Darstellung des von Dr. Chris Leatt vorgestellten Konzept eines neuen Beurteilungskriteriums für Nackenverletzungen

Abbildung 14: Kraft-Zeitdiagramm: Die Aufprallenergie werden von den neuen NP Protektoren (rote Linie) im Vergleich zu EPS Protektoren verzögert absorbiert. So werden Kraftspitzen vermieden

8.2 Diagramme

Diagramm 1: Axiale Nackenkräfte bei der Hyperflexion

Diagramm 2: Nacken Biegemoment in Hyperflexion

Diagramm 3: Oberer Nackenwinkel in Hyperflexion

Diagramm 4: Unterer Nackenwinkel in Hyperflexion

Diagramm 5: Kopfbeschleunigung in Hyperflexion

Diagramm 6: Axiale Nackenkraft in lateraler Hyperflexion

- Diagramm 7: Nackenbiegemomente in lateraler Hyperflexion
- Diagramm 8: Oberer Nackenwinkel in lateraler Hyperflexion
- Diagramm 9: Unterer Nackenwinkel in lateraler Hyperflexion
- Diagramm 10: Kopfbeschleunigung in lateraler Hyperflexion
- Diagramm 11: Axiale Nackenkräfte in Hyperextension
- Diagramm 12: Nackenbiegemomente in Hyperextension
- Diagramm 13: Oberer Nackenwinkel in Hyperextension
- Diagramm 14: Unterer Nackenwinkel in Hyperextension
- Diagramm 15: Kopfbeschleunigung in Hyperextension

8.3 Tabellen

- Tabelle 1: Biomechanische Grenzwerte
- Tabelle 2: Beweglichkeit der HWS in Abhängigkeit zum Alter
- Tabelle 3: Verletzungsrisiko der einzelnen Halswirbel
- Tabelle 4: Grenzwerte bzw. kritischen Werte für eine Darstellung des Nij

8.4 Exkursion zu neuesten Protektorenerkenntnissen

Kraft in kN

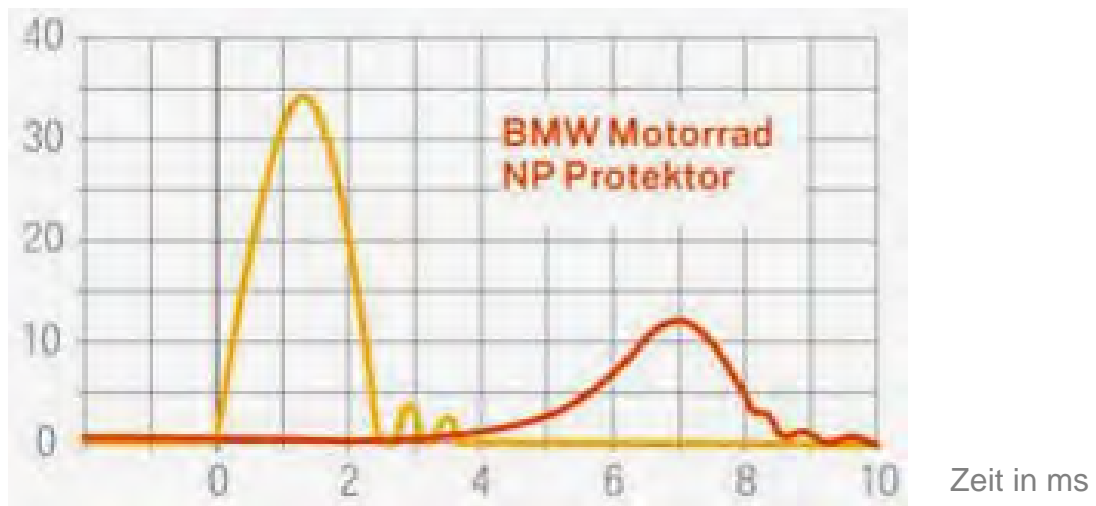


Abbildung 14: Kraft-Zeitdiagramm: Die Aufprallenergie werden von den neuen NP Protektoren (rote Linie) im Vergleich zu EPS Protektoren verzögert absorbiert. So werden Kraftspitzen vermieden

i Exkursion zu neuesten Protektorenerkenntnissen: Durch den Einsatz eines neu entwickelten, auf PU basierenden Materials bieten sie bis dahin unerreichte Dämpfungswerte und unterbieten die für Protektoren geforderte Norm EN 1621-1 bzw. EN1621-2 um ein Vielfaches. Durch die extrem weichen und flexiblen Eigenschaften des auf neuesten Forschungserkenntnissen basierenden Materials konnte ein Protektor kreiert werden der es ermöglicht, die Gelenke weiter zu umschließen und dadurch von bisherigen Protektoren ungeschützte Bereiche zusätzlich zu überdecken und zu schützen. Durch die sehr gute Formbarkeit passen sich die Softprotektoren optimal an die Gelenke an, wodurch ein höchster Tragekomfort erreicht werden konnte. Das Ziel der Entwicklung lag darin, die beim Aufprall entstandene Energie in der für den biomechanischen Aufbau von Gelenken und Knochen verträglichsten Form zu absorbieren und reduzieren. Das in Abbildung 14 dargestellte Diagramm zeigt einmal einen herkömmlichen Protektor auf EPS-Basis im Vergleich mit dem neuen NP-Protektor von BMW Motorrad. Im Verlauf des Kraft-Zeit-Diagramms der unter dem Protektor gemessenen Restenergie zeigt der EPS-Protektor eine schnell ansteigende Kurve mit einer sehr ausgeprägten Spitze und einer hohen Restkraft. Die Kurve der NP-Protektoren dagegen steigt langsam an, verteilt somit die Restenergie über einen längeren Zeitraum und endet in einem abgeflachten im absoluten Wert reduzierten Maximalpunkt. Vergleichbar mit der Knautschzone im Pkw werden die auf den Körper einwirkenden Belastungsspitzen durch den NP-Protektor reduziert und die Übertragung der beim Aufprall entstandenen Energie auf das darunter liegende Gelenk über einen längst möglichen Zeitraum verteilt. Dies gibt nach Aussage von Ärzten und Biomechaniker Dr. Georg Ahlbäumer, Klinik Gut, St.Moritz den Muskeln und Bändern im betroffenen Bereich mehr Reaktionszeit, um eine Gegenkraft aufzubauen, die Gelenke besser in ihrer Position zu halten und ein Verschieben zu reduzieren. Ebenso kann die poröse Struktur der Knochen über längere Zeiträume ansteigende Kräfte besser verkraften als schnell ansteigende Kräfte mit gleichem Maximalwert.

Da jeder Bereich (hier speziell Schulter, Ellbogen, Hüfte, Knie, Rücken, Schlüsselbein) des menschlichen Körpers unterschiedlichste biomechanische und ergonomische Eigenheiten aufweist, wurde für jedes Gelenk eine eigene Form entwickelt. Im Gegensatz zu bisher eingesetzten Protektoren, wo Schulter, Ellbogen und Knie meist mit derselben Protektorform über alle Konfektionsgrößen geschützt werden, führte dies zu insgesamt 15 Formen, die je nach Konfektionsgröße der Person, zum Einsatz kommen.

Durch Verstellmöglichkeiten im Anzug werden eine Anpassung an den individuellen Körperbau und eine optimale Positionierung ermöglicht. Dies ist bei BMW Motorrad seit vielen Jahren Standard. Die individuelle Einstellmöglichkeit und die ergonomische Formgebung der Einzelprotektoren verringern die Möglichkeit des Verschiebens bzw. ein Verdrehen der Protektoren im Falle eines Sturzes und erhöhen damit die Schutzwirkung deutlich. Frühere Annahmen, ein guter, effektiver Protektor müsse sich bei Kraffteinwirkungen verhärten, sind überholt. Neueste Erkenntnisse zeigen, dass ein Protektor sich bei der Schlagdämpfung nicht verhärten darf. Progressiv härtendes Material führt im Moment einer schlagartigen Kraffteinwirkung dazu, dass die Kraft direkter auf den Körper übertragen wird und die Skelettstruktur einer größeren Belastung ausgesetzt ist. Ein Protektor muss nach den Erkenntnissen von BMW Motorrad in jedem Zustand weich und flexibel sein und kleinste Einwirkungen bis hin zu stärksten Schlägen gleichmäßig dämpfen. Um die Verletzung mindernde Kriterien eines zeitlich langen, flachen Kraftverlaufs bei besten Dämpfungswerten zu erreichen und gleichzeitig in jedem Moment die weiche Struktur zu gewähren, muss die Materialeigenschaft von definierter Trägheit sein. Zusätzlich ist eine gewisse Materialstärke als Dämpfungsweg notwendig, um Energie biomechanisch verträglich absorbieren zu können.

Aus hartem Kunststoff gespritzte oder aus Aluminiumwaben geformte Protektoren, deren Struktur sich erst bei sehr großen Kräften verformt und somit zu dämpfen beginnt, können diesen Anspruch ebenso wenig erfüllen wie Protektoren aus sehr hartem EPS oder auf elastomer Kunststoffbasis. Diese Materialien können im Vergleich mit einem Protektor, der eine deutlich größere Bandbreite in der Wirkung gegen verschiedene Kräfte aufweist, aus heutiger Sicht als nicht mehr dem Stand der Technik entsprechend angesehen werden.

Beim neuen BMW Motorrad NP-Protektor ist aufgrund der sehr zähen Materialstruktur und der Dicke ein Schutz gegen spitze Gegenstände in ähnlicher Form wie bei Hartschalenprotektoren gegeben. Somit kann auf den Einsatz von harten Außenschalen verzichtet werden. Sinnvoller ist je nach Einsatzgebiet die Verwendung von außen liegenden „weichen Hartschalen“ im Verbund mit sehr leistungsfähigen Protektoren. Zum Beispiel beim harten Enduroeinsatz kann dadurch der Schutz gegen spitze Gegenstände noch erhöht und eine Beschädigung an Anzügen bei häufigem Umfallen oder leichten Stürzen reduziert werden.

**Untersuchung über das dynamische Sturzverhalten
von Motorrädern: Einfluss eines einfachen Airbag-Westen-
Systems auf die Sicherheit des Fahrers**

**Preliminary investigation on the dynamics
of motorcycle fall behavior: Influence of a simple
airbag jacket system on rider safety**

**Enquêtes Préliminaires sur le comportement dynamique de
chute de la motocyclette : influence d'un simple système blou-
son airbag sur la sécurité du motocycliste**

Alessandro Bellati, Vittore Cossalter, Roberto Lot
University of Padova, Italy

Andrea Ambrogi
Dainese Spa, Italy

Kurzfassung

Die hauptsächlich für Autos initiierte Airbag-Technologie ist für Motorräder noch im Entwicklungsstadium. Bisher haben die Forschungsabteilungen die günstigen, beim Auto genutzten Möglichkeiten weiterverfolgt und sich dabei hauptsächlich auf Zusammenpralle zwischen Autos, Motorrädern und bestimmten Hindernissen konzentriert. Aber Motorradfahrer sind vor allem auf Pisten eher dem Risiko von Stürzen durch vorderes oder hinteres Schleudern oder den so genannten High-Side-Effekt ausgesetzt. Das dynamische Verhalten der Einheit Motorrad-Pilot ist bei unterschiedlichen Stürzen sehr komplex und die Entwicklung eines Sicherheitssystems zum Schutz des Fahrers in diesen Situationen stellt eine Herausforderung dar. Man muss einen Algorithmus finden, mit dem der Sturz im Voraus berechnet und seine Widerstandsfähigkeit in Bezug auf falsche Aktivierungen getestet werden kann. Danach ist ein passendes airbagartiges Schutzsystem zu entwickeln, um den Fahrer zu schützen.

In diesem Beitrag wurde eine Studie über das dynamische Sturzverhalten eines Motorrads vorgenommen. Anfangs wurde ein Beispiel für einen tatsächlichen Sturz durch Rutschen eines Reifens vorgestellt und dann die experimentell gesammelten Daten sowohl für den Fahrer als auch für das Motorrad analysiert. Andere typische Stürze werden durch Verwendung von MADYMO simuliert und die Dynamik des Motorrads und des Motorradfahrers werden analysiert. Beide Versuchs- und Simulationsstürze wurden zur Überprüfung eines Anti-Sturz-Algorithmus verwendet, welches kontinuierlich weiter entwickelt wird. Schließlich wird die Wirkung eines einfachen Airbagsystems, das am Fahrer festgemacht und von dem oben erwähnten Algorithmus aktiviert wird, getestet und seine Auswirkung auf die Sicherheit des Fahrers besprochen.

Abstract

Airbag technology, predominantly developed for cars, is still in its first stages for motorcycles. Up to now, research has mostly followed the successful path already traced for cars, mainly focused on collisions between the vehicle and some obstruction. On the contrary, motorcyclists are more likely to experience falls due to front slippage, rear slippage or high-side phenomena, especially on tracks. The dynamic behavior of the motorcycle-rider system under different fall conditions is very complex, and the development of a rider protection safety system under such conditions is to be considered a challenge. It is necessary to identify an algorithm capable of predicting the fall, to test its robustness against misuse, and finally to design a proper airbag restraint for protecting the rider.

In this paper an exploratory study on the dynamics of motorcycle fall behavior is carried out. First, an example of data recorded during an actual fall due to wheel slippage is presented, and experimental data recorded for both rider and motorcycle are analyzed. Some other typical falls are then simulated using MADYMO and the dynamic behavior of the motorcycle and the rider are analyzed. Both experimental and simulated falls are used for testing a fall-predictive algorithm, which is still under development. In the end, the effect of a simple airbag system, fitted on the rider and triggered by the aforementioned algorithm, is simulated and its influence on rider safety is discussed.

Résumé

La technologie des airbags, développée principalement pour les voitures, est encore à ses débuts pour la moto. Jusqu'à présent, la recherche a suivi principalement la voie favorable déjà expérimentée pour les voitures, en particulier en se concentrant sur les collisions entre véhicule, moto et un obstacle quelconque. Or les motocyclistes, spécialement sur piste, sont plus exposés aux chutes par glissement avant, glissement arrière ou au phénomène du high-side. Le comportement dynamique du système moto-pilote au cours des différentes chutes est très complexe, et développer un système de sécurité pour protéger le pilote dans ces circonstances présente de nombreux défis. Il faut identifier un algorithme capable de prédire la chute, tester sa robustesse aux fausses activations et enfin, projeter un système adéquat de retenue de type airbag pour protéger le pilote.

Dans cet article, une étude a été menée sur le comportement dynamique de chute de la motocyclette. Au début, un exemple de chute réelle due au glissement d'un pneu est présentée en analysant les données expérimentales enregistrées tant pour la moto que pour le pilote. D'autres chutes typiques sont ensuite simulées en utilisant MADYMO et les dynamiques de la motocyclette et du pilote sont analysées. Aussi bien la chute réelle que les chutes simulées sont utilisées ensuite pour tester un algorithme prédictif de la chute, qui est actuellement en phase de développement. Pour finir, l'article relate la simulation de l'effet d'un simple système de type airbag, fixé sur le pilote et activé sur l'algorithme préalablement discuté et analyse son influence sur la sécurité du pilote.

**Preliminary investigation on the dynamics
of motorcycle fall behavior: Influence of a simple
airbag jacket system on rider safety**

1. Introduction

The challenge for motorcycle safety is beginning to chase new solutions for enhancing the passive safety. Recent studies [1] [2] demonstrates that motorcycle users are exposed to injuries, moreover solo accidents can account for about one quarter of the total cause of injuries and death; in particular in not build-up areas. A specific characteristic of motorcycle accidents is the prevalence and severity of cases in which the motorcycle is the only vehicle involved. These kind of events can account for more than one third of the total fatalities. It must be underlined that even when colliding with cars (which is the most common source for impacts), there is still 20% of all cases in which the impact happens after the motorcycle has already capsized. Moving the focus to injured body parts, the most frequent are: lower extremities, head and neck, torso and upper extremities. Even if lower extremities injuries are the most frequent, the severity is not always high, while head and thorax injuries in many cases can prove fatal. Efforts for enhancing the passive safety of the rider should, therefore, focus on augmenting the protection of the upper part of the body. Since most deadly or invalidating impacts happen at low speeds, it would still be possible to provide protection; but it is very difficult to reduce arm and upper torso injuries only with the limited protection offered by protective clothing. For that reason since 1973 there have been hints of airbag tests being carried out for motorcycles, but only recently have these systems started to appear and been implemented in real production vehicles. Up to now only TRL, DEKRA and Honda have realized airbag prototypes for motorcycles, and only the latter developed a commercial system on a large touring bike [3] [4] and is currently also developing a scooter system [5]. In trying to realize an airbag for motorcycles, the complexity involved in the two wheeled vehicle dynamics, arises, and augments the problem of the out of position airbag inflation, adding a great deal of complexity to an already difficult problem [5].

This paper proposes a different approach to improving motorcycle passive safety, no longer centered on the vehicle but on the rider. Changing the placement of the airbag from the vehicle to the rider could get rid of the unpredictability of the contact point of the rider with a fixed airbag, underlined by P. R ker [6]. Being that the airbag is already “in position” inside the jacket, possible harms for improper firings of the bag should also be avoided, improving the risk/benefits factor.

For realizing a working system, different steps will be needed. The first step, is to identify a coming fall with a proper algorithm. Typical falls are low-side and high-side falls [7] [8]; in both cases, first the driver loses control of the vehicle, and then eventually hit a barrier, an obstacle or the ground. Activation time triggering is critical for inflating the airbag before a collision occurs. Robustness to misuse is also essential for avoiding unnecessary deployments. A second task is realizing an adequate airbag restraint system, able to protect the rider in different conditions. Bag dimension and inflation pressure must be chosen correctly. Finally it’s necessary to evaluate the effectiveness in real conditions

considering all the aspects together: it must deploy on time; it must be robust to misuse, and be able to reduce injuries to the rider. If it were to fulfill all these requirements, it would be possible to reduce damage from both primary (with the ground) and secondary (with other objects) impacts.

This article wants to focus on motorcycle fall and tilting movements, to better understand the first instants of a fall. In addition it attempts to offer some preliminary insight into the dimensioning of a proper airbag.

Dainese s.p.a. and the University of Padova are studying the fall behavior of motorcycles to realize a “fall predictive” algorithm, with the hope of providing a better degree of protection for motorcycle riders in the coming future.

2. Recorded real fall data analysis

In order to understand the behavior of the motorcycle and the rider during the fall events, some racing motorcycles were instrumented. Each motorcycle was equipped with an inertial platform (made up of 3 gyrometers and 3 extensimetric accelerometers), speed sensors on both wheels and linear potentiometers on the suspensions. The rider was also equipped with a full inertial platform (3 gyrometers, 3 accelerometers and GPS sensor). The hardware, realized by 2D GmbH, is very compact and light. The two units are completely stand-alone and may be easily installed on the rider hump and motorcycle tail, as shown in Figure 1.

As an example of a low-side fall we may consider the one which occurred at the Jerez Circuit during a 2005 European Championship race. The rider, Robin Lasser of the team KTM junior 125, asserted that the tire lost grip and this caused the motorcycle to crash. Fortunately he suffered no injuries.

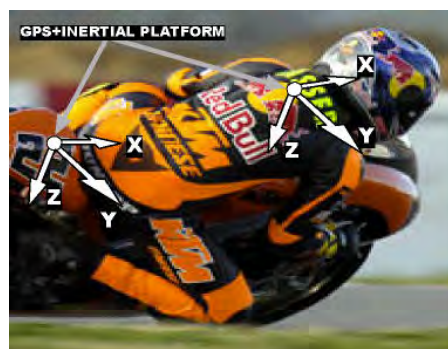


Figure 1 : Location of measurement units on the motorcycle and rider

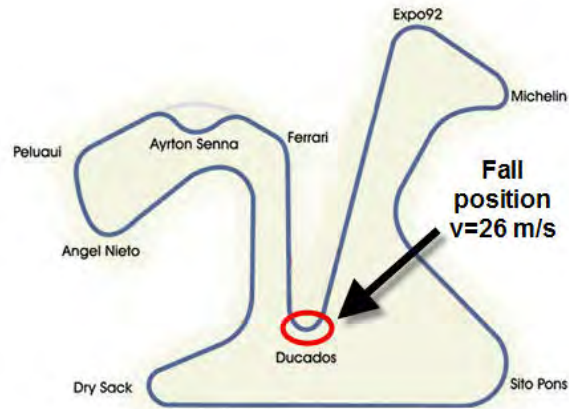


Figure 2: Fall position in Jerez circuit

Figure 3 shows the front wheel spin rate and the rider speed for the crash event: it is evident that the front wheel stopped after the fall, while the rider continued his forward movement. Unfortunately, the speed discrepancy is evident when the motorcycle has already fallen, i.e. too late for any preventive action.

In Figure 4 and Figure 5, accelerations and angular rates relative to the motorcycle and the rider are shown in the regular lap, compared with that measured in the crash lap.

The time interval which elapsed between the fall start and the fall end is highlighted by the gray band. Fall start is assessed when signals of the normal lap and signal of the crash lap differ significantly. Fall end is assessed looking at the suspensions signals (not reported): when one of the wheel suspensions remains fully extended it means that the motorcycle has lost contact with the ground and can be considered fallen.

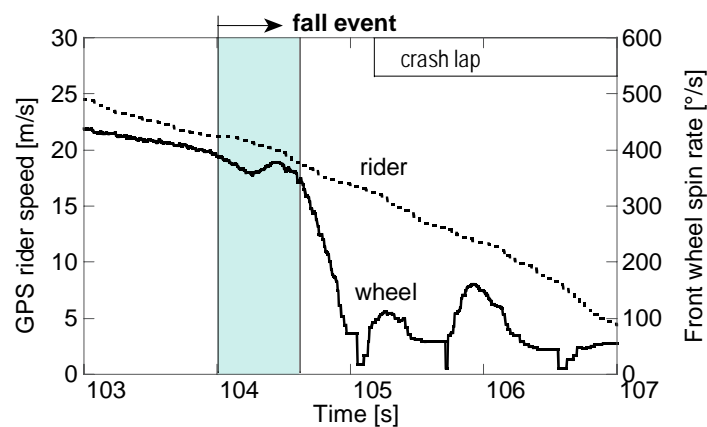


Figure 3: Recorded speeds of the rider and front wheel on crash

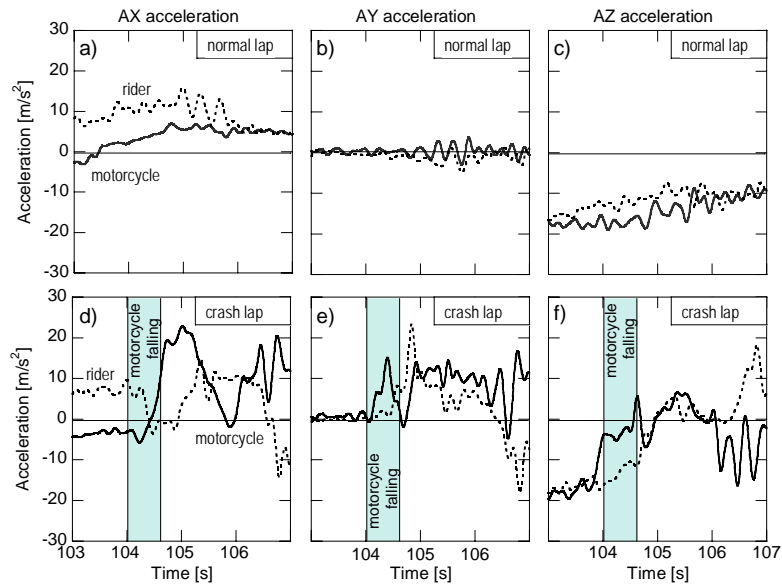


Figure 4: Accelerations of motorcycle and rider recorded during a normal and the crash lap

Accelerations and rotations are expressed in the reference triad reported in Figure 1. The accelerations of the rider and the motorcycle in Figure 4d, 4e, 4f give additional information about the state of the system. Accelerometers are extensimetric, so they are sensitive to low frequency acceleration and in particular to gravity [9]. The AX acceleration of the rider (Figure 4a, 4d) so does not start from zero because of the relative inclination of the rider measurement triad with respect to the motorcycle. The rider's hump is pointing upward with an angle of about 30° and registers contribution of the gravity. AX acceleration of the motorcycle (Figure 4d) has a peak probably due to the rotation of the tail where the sensor is mounted, during the slippage of the rear tire. AX of the rider instead starts to decrease because of the tilting motion. Simultaneously AY acceleration of the bike (Figure 4e) changes from nearly zero to 9.8m/s^2 of acceleration, as a result of the 90° tilting rotation of the motorcycle. AY of the rider also shows a peak after contact with ground occurs. The AZ accelerations of both motorcycle and rider, besides a peak, drop to a zero value in opposition to the -9.8m/s^2 value normally registered in straight motion.

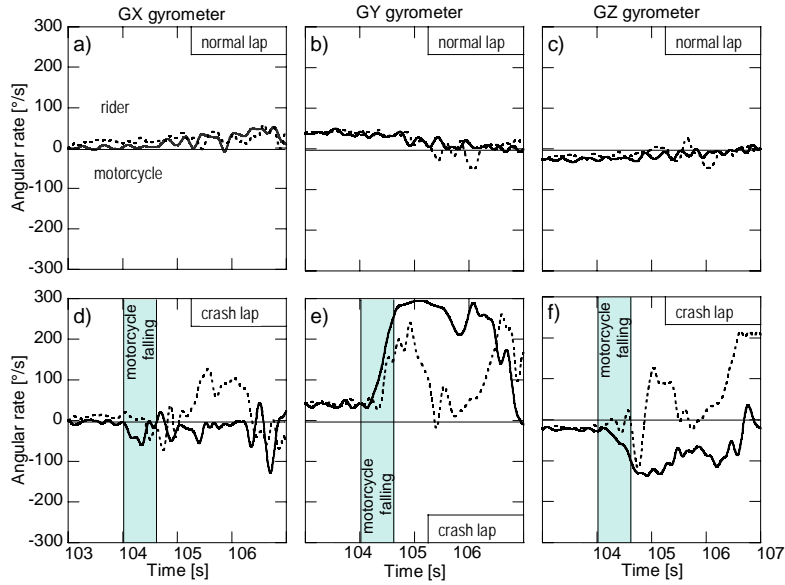


Figure 5: Angular rates of motorcycle and rider recorded during a normal and the crash lap

Moving the attention to Figure 5d, 5e, 5f gyrometer data recorded during regular driving does not particularly differ between motorcycle and rider. Looking at data recorded during the crash lap, it is clear instead that a critical event occurs to both the motorcycle and the rider. Indeed the pitch and yaw gyrometers during the fall, register angular rates which are much higher than those experienced during the previous race laps. For almost two seconds, angular rates GY and GZ exceed $180^\circ/\text{s}$ leading, in about 2s, to almost a complete rotation of the motorcycle. The roll gyrometer signal absolute value, is not very high considering that the motorcycle tilting movement is mainly a roll movement. This suggests that the rider being in the center of a curve and with the kneepad touching the ground, in some way blocks the tilting motion of the motorcycle or at least delays it. In brief, the gyrometer analysis, suggests that the motorcycle in its left curve entering is violently over-steering, leading to a complete rotation of the motorcycle.

To better understand the meaning of the measurements presented, the following formula (which neglects the pitch motion) should be taken into consideration:

$$\dot{\psi}_{fix} = GZ \cdot \cos(\varphi) + GY \cdot \sin(\varphi)$$

This formula points out the relationship that connects the yaw gyrometer and the pitch gyrometer measurements of the motorcycle with an actual yaw motion in a SAE triad.

3. Experimental-simulation data comparison

Now that it has been possible to analyze what happens during a real fall, the following step could be that of trying to extend the analysis to other types of fall. To realize this, other experimental data are needed, but this is not particularly feasible because the main source of data are competitions. Driver style and rider maneuvers cause only certain types of fall events to be probable. Moreover experimental acquisition of fall events, inside or outside the race context, is seriously hazardous and definitely not easily realizable. For this reason, missing information could be obtained by simulating this and other types of falls using a multi-body code like MADYMO [10]. The advantage is the possibility of experimenting very different types of fall, extremely difficult and dangerous to be acquired experimentally. Building a realistic multi-body model of the motorcycle it also offers the possibility to simulate almost any dangerous condition, with a minimum computational effort.

Of course, it is very difficult to obtain a perfect match between experimental and simulated data, because many conditions necessary to develop the model cannot be obtained. The mass, inertia of the vehicle and rider parts, tire data and rider behavior [11] [12] [13], were all unknowns and have to be estimated. Also the slight repeatability of fall events makes it difficult to interpret the behavior of the motorcycle especially after ground collision. Road unevenness, different grip conditions, and road contacts, generate conditions that are not easily controllable. Nevertheless simulated measurements should not be too far from reality, and definitely useful for a basic interpretation.



Figure 6: MADYMO model: rider and motorcycle

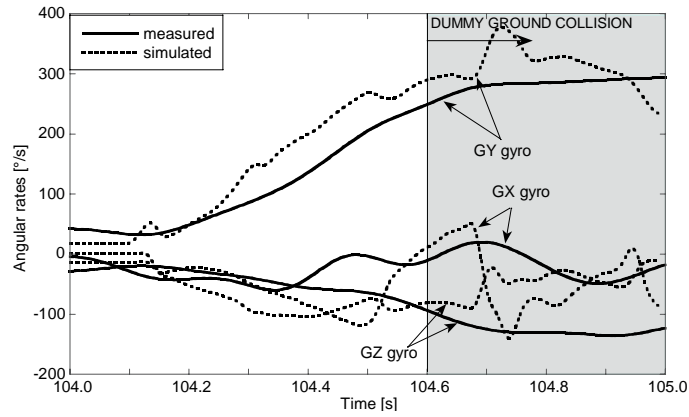


Figure 7: Comparison of real data with simulation during a fall event

In Figure 7, a preliminary simulation with MADYMO is reported. This case study simulates a motorcycle fall in conditions similar to the real case reported at the beginning of this paper. Of course, a perfect match between model and reality is far from being reached. Since our interest to prevent falling, the most important part for studying the dynamics of the fall, is the initial part, i.e. before contact with ground. In this phase the behavior of the motorcycle is still not influenced by ground contact, apart from the tires, and for this reason can be correctly understood.

4. Data analysis of fall simulations

In the following pages an additional three types of fall are simulated using MADYMO: a fall due to rear tire slippage, a fall due to the front tire slippage and a fall due to the highside phenomena. For all cases presented, three angular rates and three accelerations components of both the motorcycle and the rider are reported in the same way as they were recorded for the real case fall. For a quick reference, acceleration and gyrometers measurements will be referred as AX, AY, AZ and GX, GY, GZ. As for the real case the contribution of gravity to acceleration was taken into account by measuring accelerations.

4.1 Simulation of a rear low-side fall

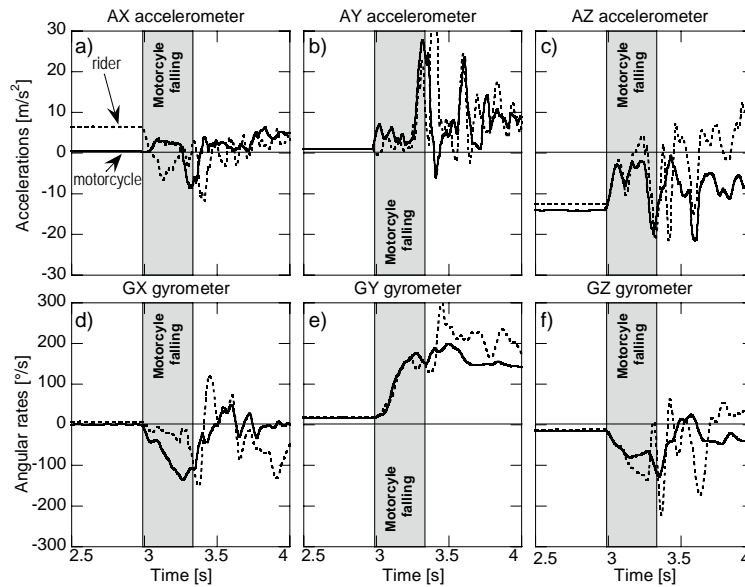


Fig. 8: Accelerations and angular rates experienced by motorcycle and rider during a rear low-side fall

The particular rear low-side presented in Fig. 8 starts when the vehicle is performing a counter clockwise curve at a speed of 26m/s and a roll inclination of about 50° . At time 3s the rear tire loses adherence. This is an extreme event and should be regarded as a worst case scenario for a rear low-side. The acceleration AX before the motorcycle fall starts from 0m/s^2 . The AX of the rider instead does not start from zero because of the relative inclination of the rider measurement triad with respect to the motorcycle. The rider's hump is pointing upward with an angle of about 30° and registers the contribution of gravity. Then acceleration AX of the rider towards the end of the fall movement starts to decrease, because of the tilting motion experienced by the rider. The sudden tilting movement of the motorcycle brings the rider down and because of the extreme lean angle he touches the ground with the knee. AY, for this reason shows lateral accelerations caused by contact of the rider's kneepad with the ground leading to values of up to 20m/s^2 .

At the beginning acceleration AZ of both motorcycle and rider show the contribution of gravity but are also influenced by the centrifugal term due to the curve which moves its values up to 15m/s^2 . Then AZ accelerations besides oscillations due to ground contact change their value to zero within the fall interval because of the tilting movement. Moving the attention to the gyrometers, it is visible that rider and motorcycle values are quite aligned at least before contact with the ground. GX signals, after fall start, show high negative values attributable to the tilting motion that affects both motorcycle and rider. GY gyrometers of both motorcycle and rider show larger signal values with respect to GX. GZ values are

lower, because of the high value of roll inclination of the motorcycle. Gyrometer values can all be explained with the main rotation experienced by the motorcycle about the yaw axis of the fixed triad.

4.2 Simulation of a front low-side fall

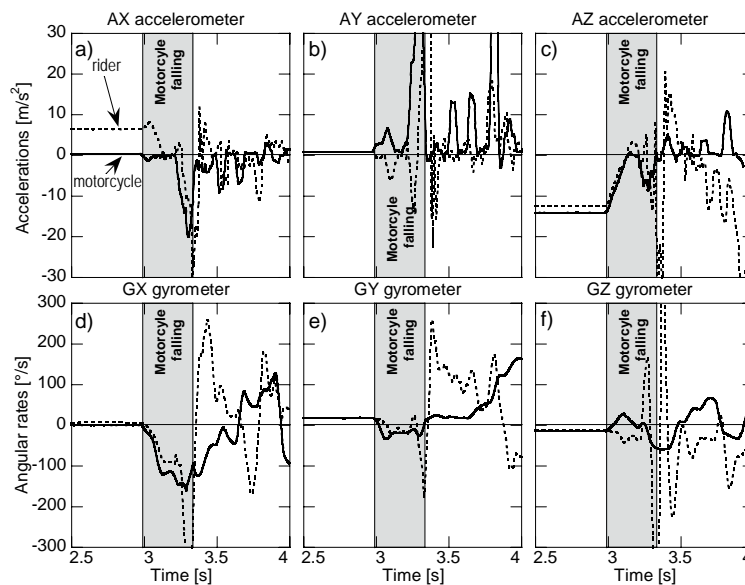


Fig. 9: Accelerations and angular rates experienced by motorcycle and rider during a front low-side fall

The front low-side presented in Figure 9 starts when the vehicle is performing a counter clockwise curve at a speed of 26m/s and a roll inclination of about 50° . At time 3s the front tire loses adherence. This is an extreme event and should be regarded as a worst case scenario for a front low-side. In this case the fall is extremely rapid. In Figure 9a, 9b, 9c for accelerations AX, AY and AZ of the rider and the motorcycle are valid the same considerations expressed in the preceding case. When the upper part of the dummy hits the terrain, the peak acceleration registered reaches 200m/s^2 . It should be noted that accelerations are however difficult to interpret because even small contacts can generate significant measurements.

Gyrometer signals of the motorcycle and rider, instead, are similar, showing differences, only in the last parts of the fall. GX signals in Figure 9d rapidly reach high values meaning that the motorcycle tilt movement is sudden. GY in Figure 9e show small negative values, meaning that the rider closely follows the motorcycle in its pitch motion. This suggests that in this type of fall there is no sudden separation between rider and motorcycle, and that the parting happens only after contact with ground. Positive GZ values suggest an under-steering movement of the motorcycle.

4.3 Simulation of a high-side fall

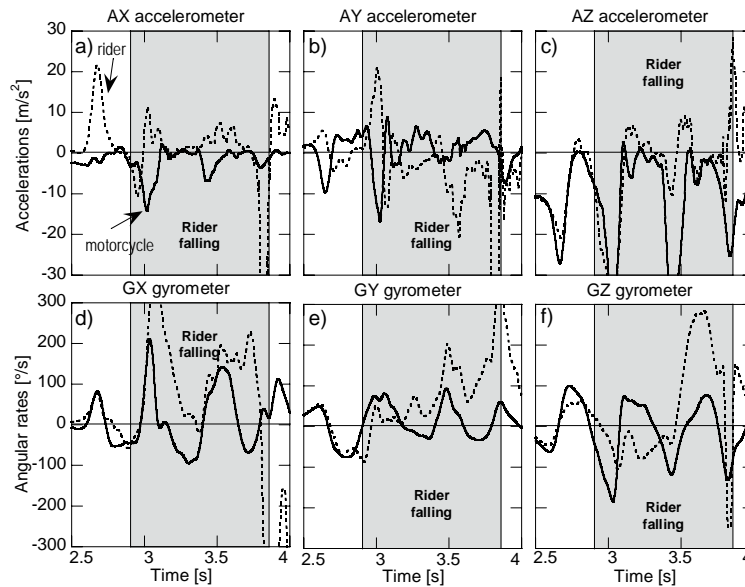


Fig. 10: Accelerations and angular rates experienced by motorcycle and rider during a high-side fall

The high-side presented in Fig. 10 starts when the vehicle has a speed of 26m/s and a roll inclination of about 35° . The high-side dynamics is completely different from that of the previous cases. In this example, a small braking torque is applied to the rear wheel but interrupted abruptly as soon as the motorcycle starts to slide. This event produces a load transfer that discharges the rear tire and generates an unbalance in the repartition between rear tire longitudinal forces and lateral forces. As an effect there is more lateral force acting on the rear tire than needed for equilibrium. The motorcycle starts to violently twist and vibrate, in the end ejecting the rider upward [11] [8] [7]. This twisting moment is particularly evident looking at rider signals in Fig. 10. At the end of the fall the rider touches the ground before the motorcycle actually hits the ground; this is clear when looking at the acceleration AX and AY of the rider in Fig. 10a, 10b, at the end of the fall. The rotation of the rider with respect to the motorcycle is also visible from the gyrometer signals in Fig. 10d, 10f.

4.4 Summary of results

Tab. 1 and Tab. 2 report peak values simulated for motorcycle and rider, for the three different maneuvers, compared to a reference case with no fall occurring.

Tab. 1: Peak values simulated for the motorcycle in the three cases with respect to the reference case (no fall)

CASE	AX peak [m/s²]	AY peak [m/s²]	AZ peak [m/s²]	GX peak [°/s]	GY peak [°/s]	GZ peak [°/s]
No fall	1.1	1.5	15.9	70.9	23.3	21.4
Low-side	8.6	27.8	20.0	135.4	186.9	127.1
Low-side	1.3	6.7	15.9	121.2	34.5	28.3
High-side	14.3	16.8	42.8	211.0	93.3	184.5

Tab. 2: Peak values simulated for the rider in the three cases with respect to the reference case (no fall)

CASE	AX peak [m/s²]	AY peak [m/s²]	AZ peak [m/s²]	GX peak [°/s]	GY peak [°/s]	GZ peak [°/s]
No fall	6.7	2.4	14.4	56.1	25.0	48.1
Low-side	11.2	50.0	21.3	151.4	166.5	222.8
Low-side	8.1	6.2	14.4	93.8	25.0	48.1
High-side	68.9	122.7	37.3	652.4	342.0	283.7

Excluding AX acceleration that is difficult to consider suitable because of the acceleration and deceleration motion affecting a traveling motorcycle, all other measurements opportunely tuned, could provide a possible way of identifying the non-equilibrium state preceding a fall. However in normal driving conditions, the motorcycle is normally subjected to strong vibrations that could cause the accelerometer reading to be difficult to interpret. Gyrometers instead are more noise-resistant and even if the ratio between fall signal and normal signal is not as high as that of accelerometers, they can prove very significant in identifying the first stages of a fall. In particular among all the gyrometers, GX and GY signals peaks seem extremely correlated to the fall start. Looking again at the Tab. 1 and Tab. 2 we can reach some conclusions. High-side is very violent but before the actual fall of the rider occurs, much time passes. Rear low-side is less violent, but the rider fall is quicker. Finally we have front low-side which is even more rapid, and presents small signal peak values; for this reason it is the most difficult to identify. The following pages provide an overview of how an algorithm of possible implementation could work.

5. Fall predictive algorithm

The simulations and the available recorded data of falls show that both linear accelerations and angular rates increase significantly in the first phase of a fall event. The elaboration of the data measured on the motorcycle and on the rider has been used to define a penalty function to represent the level of risk involved during the execution of a maneuver.

$$Risk = f(GX, GY, GZ, AX, AY, AZ)_{rider, motorcycle}$$

In Figure 11 the behavior of a hypothetical risk function is depicted during the real case scenario reported at the beginning, in Figure 12, Figure 13, Figure 14 three similar graphs report the same evaluation made for the simulated cases. At the side of the simulated events, pictures of the state of the system are also reported to aid in understanding the dynamics of the fall.

From Figure 11, Figure 12, Figure 13, Figure 14, it is possible to understand that the vehicle simulation exceeds the threshold in every case before contact between the upper body part and terrain occurs. Choosing an adequate value for the threshold it is possible to correctly assert a coming fall.

5.1 Prediction of real case low side fall

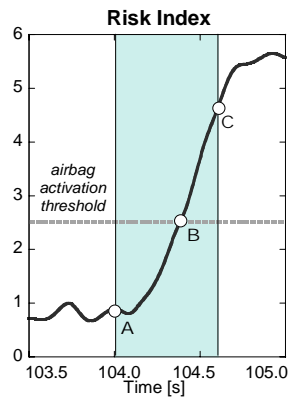


Figure 11: Real case fall prediction

In the real scenario in Figure 11, the algorithm triggers before fall ending: probable contact with upper body parts happens at least 0.22s after the triggering.

5.2 Prediction of rear low-side fall

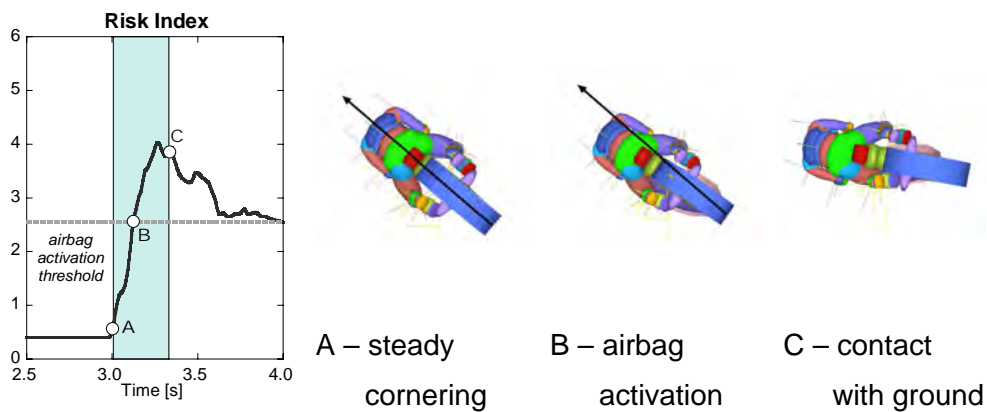


Figure 12: MADYMO simulation and fall prediction of a rear low-side

The black arrow reports the starting inclination of motorcycle. Contact between upper body parts and the ground happens 0.20s after the triggering of the algorithm.

5.3 Prediction of front low-side fall

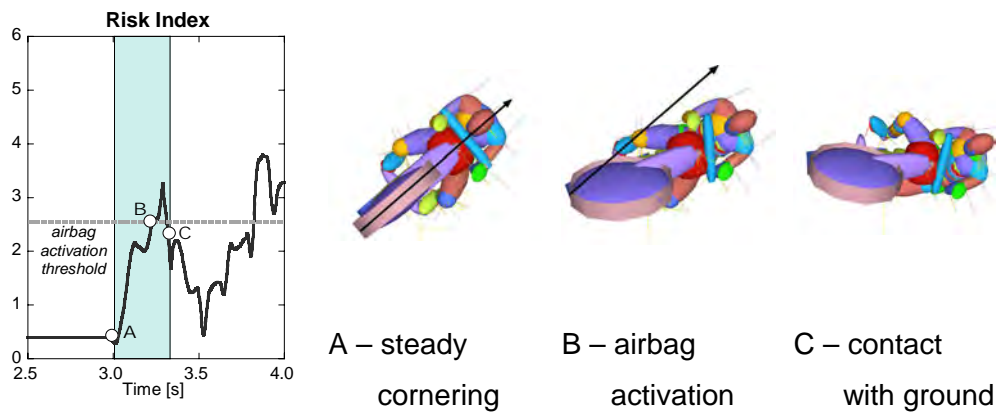


Figure 13: MADYMO simulation and fall prediction of a front low-side

In the front low-side the rider remains attached for a longer time to the motorcycle because of the forward pitching movement of the motorcycle. Contact between upper body parts and the ground happens 0.10s after the triggering of the algorithm.

5.4 Prediction of high-side fall

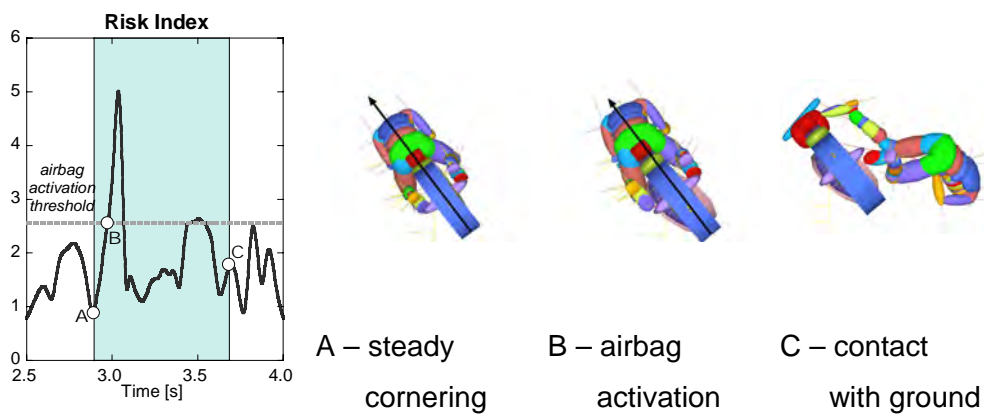


Figure 14: MADYMO simulation and fall prediction of a high-side

In the high-side the rider hits the terrain before the motorcycle concludes its tilting movement, but the fluctuations recorded in the measurements activates the triggering of the algorithm 0.90s before actual contact of the rider with the ground.

5.5 Final considerations on fall prediction

Tab. 3 reports maximum values reached for the risk function in the real case example and in the other simulated cases. The “fall duration” row reports the length of the period between the start of the tilting movement and the contact of rider with the ground. In the same tables are also reported: the “trigger time”, which is the time elapsed from the beginning of the fall and the triggering of the algorithm; the “time to crash” which is the time elapsed between the algorithm triggering and the contact of the dummy upper body parts with the ground.

Tab. 3: Values and timings of the fall predictive algorithm in the real and simulated cases

		no fall	Rear fall	Front fall	Highside
real case	Risk Index peak	1.03	5.5		
	Fall duration [s]	n. a.	~0.60		
	Trigger time [s]	n. a.	~0.39		
	Time to crash [s]	n. a.	~0.22		
simulations	Risk Index peak	0.45	4.00	3.29	5.00
	Fall duration [s]	n. a.	0.32	0.32	0.96
	Trigger time [s]	n. a.	0.12	0.22	0.06
	Time to crash [s]	n. a.	0.20	0.10	0.90

The four different falls presented cover a wide range of possible scenarios: a race low-side, two extremely rapid low-side, and a high-side. Even if timings involved in the different falls varies, in every case the algorithm triggers before an actual contact between rider and ground occurs. Moreover in the different falls examined the time between the triggering and the ground contact varies between 0.1s and 0.9s, which for airbag inflation is a sufficient time.

Actual time needed should range between 0.03 s and 0.05 s depending on the volume of the airbag. These considerations give space to the possible application of an air-based protection system triggered by the fall predictive algorithm.

6. Airbag preliminary analysis

Simulations and crash data report that on impact with bare terrain from a height of 1.85 meters, a rigid dummy can experience an acceleration up to 200g in 0.01 seconds which is much more than the human body can withstand. With a soft protection of about 20 centimeters in thickness it is possible to reduce the acceleration to a value around 25g, a level at which there is no significant injury risk. It is clear however that it is not feasible to realize a portable protection of such a dimension, because it would completely compromise the freedom of movement of the rider. A solution could be found using an airbag system, inflated only when necessary. With such a system it should be possible to reduce the acceleration to a value of about 15g in about 5ms, level which can be absorbed by the human body without experiencing any injury [14]. The more the human body deforms the airbag the greater energy absorbed; the more the penetration the less the pressure needed to stop the movement of the body. The problem is that deeper penetrations imply larger airbags with bigger volumes, which can create trouble during the inflation.

6.1 Direct contact and airbag contact impacts

Figure 15 reports the results of different MADYMO impact simulations. In these simulations the motorcycle is subjected to an abrupt front low-side fall. The virtual dummy during the tilting motion of the motorcycle hits the ground violently with the left shoulder. This is a common scenario encountered during races and normal driving. In the occurrence of a similar fall, often the rider can break his upper arm bone. Figure 15a reports the shoulder acceleration in the case of no airbag inflation. Figure 15b reports the same acceleration in the case of inflation of two different airbag protective systems fitted on the shoulder: an airbag of 3.3 liters of volume and an other 12 liters, both inflated at a pressure of 80000Pa. It is clearly visible how the presence of the airbag cancels out the peaks in the accelerations reporting the level of the accelerations experienced by the dummy below the biomechanical warning level [14]. To be noted, that in Figure 15b the fact that in the small bag case acceleration starts 0.025s later because since the bag is smaller, contact with the ground happens afterwards. Figure 16 and Figure 17 report the simulated graphical output of the airbags inflation sequence, in the two cases considered.

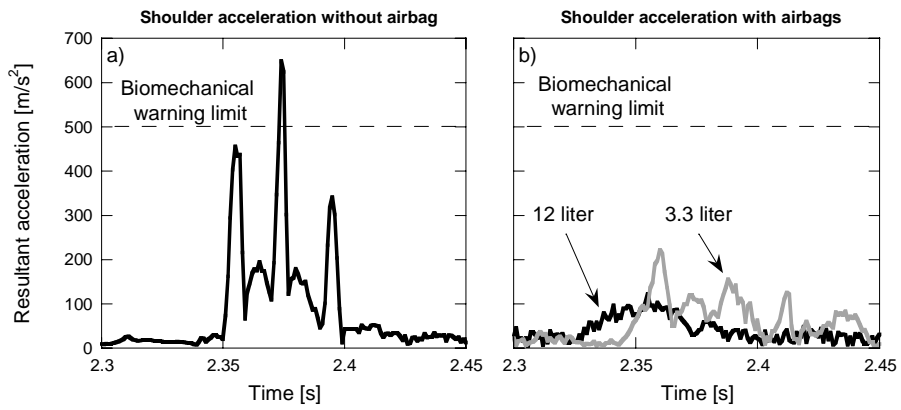


Figure 15: Accelerations experienced by dummy shoulder without or with airbag

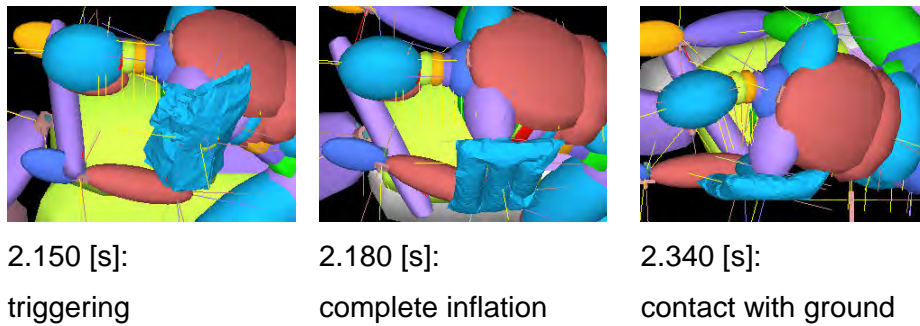


Figure 16: Inflation sequence of a simulated 3.3 liter airbag system



Figure 17: Inflation sequence of a simulated 12 liter airbag system

6.2 Airbag considerations

To better understand the influence of the airbag parameters on rider safety, a series of simulations have been realized with MADYMO with the aim to help in the understanding of these two important parameters. Acceleration on the shoulder of a dummy have been measured during the same fall, varying the width and the inflation pressure of the two different airbag systems considered previously. Figure 18 reports the measured peak acceleration registered in two airbag systems of different volume varying the inflation pressure. Choosing a particular value for the inflation pressure in the two systems it is possible to reduce the accelerations to similar amounts.

In the two simulations highlighted by means of a white dot, bag parameters are very different: in the 3.3 liter case, the airbag has a small volume and a high pressure, in the 12 liter case the bag is four times larger, but the inflation pressure is less than half. This can be explained with the following considerations. If a bag is small, it will perform better at a high inflation pressure: lower pressure could allow the possibility of a direct contact between the protected surface and the ground. A bigger bag instead should perform better with a lower inflation pressure: it has sufficient volume for stopping the protected dummy body before contact occurs, so the less pressure, the smoother the deceleration.

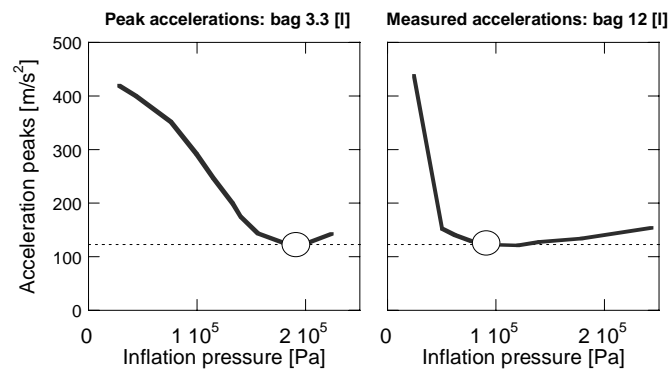


Figure 18: Peak acceleration registered varying inflation pressure, for two different bags

With the presence of an airbag between the dummy and the terrain it is possible to reduce the impact acceleration to one fifth of that computed in the no-airbag simulation. In the cases analyzed only two sizes of airbag were simulated, but it is clear that augmenting the dimension of the airbag, it should be possible to additionally reduce the acceleration transferred to the rider's body.

7. Conclusions

In this paper the technical problems encountered in fall data acquisition have been discussed. As an example, one experimental low-side fall was reported and analyzed showing how from measured data it is possible to recognize the initial stages of the fall with good accuracy. The possibility of numerical simulation of motorcycle falls was then introduced and a brief comparison between experimental and numerical data was presented. Three additional examples of fall simulations were then presented to cover a wide range of possible fall events: low-side falls caused by rear wheel slippage, low-side falls caused by front wheel slippage, and high-side falls. Also in these simulations it was possible to recognize in advance the fall by examining accelerations and angular rates. These results suggest the possibility of developing a fall predictive algorithm for triggering a rider airbag protection system. One implementation of the aforementioned algorithm was then tested using both experimental and simulated data, and the timings involved were discussed confirming the possibility of airbag inflation before rider impact with the ground.

In the end, a simple case study of an airbag system fitted on a virtual dummy was reported, the influence of airbag volume and inflation pressure on impact accelerations was discussed. These preliminary studies suggest that airbag technology is a prominent possibility for improving the passive safety of motorcyclists. Utilization of proper hardware and of opportunely tuned airbags, could raise rider protection gear to a new level of performance and safety.

8. Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the support of all KTM racing teams, riders and especially Mr. Konrad Hefele for the irreplaceable support given for race data acquisition.

Many thanks also to 2D data recording GmbH for the technical support and for the ability to find specific solutions for the hardware.

9. References

- [1] Elliott, M. et al, Motorcycle safety: A scoping study, TRL report TRL 581, Crowthorne: TRL, (2003).
- [2] ACEM, MAIDS: The first results of a European motorcycle in-depth accident study, Proceedings of the 11th IFZ, (2004).
- [3] Iijima. S. et al. : Exploratory study of an airbag concept for a large touring motorcycle, 16th ESV, Paper No. 98-S10-O-14, (1998).
- [4] T. Kuroe H. Namiki S. Iijima: Exploratory study of an airbag concept for a large touring motorcycle: further research second report, 19th ESV, Paper N°. 05-0316, (2005)
- [5] T. Kuroe, S. Iijima, H. Namiki: Exploratory study of an airbag for large scooter type motorcycle, 11th IFZ proceedings, (2004).
- [6] Peter Rücker, F. Alexander Berg: Contribution to Analyse the Potential of an Airbag to Enhance the Passive Safety of Motorcycles; 10th IFZ proceeding, (2002).
- [7] A. Bellati, V. Cossalter: Exploratory study of the dynamic behaviour of motorcycle-rider during incipient fall events, Paper N° 05-0266, 19th ESV, (2005).
- [8] Cossalter, V., R. Berritta. 1999 : Analysis of the dynamic behaviour of motorcycles in dangerous manoeuvres using the multi-body code MSC Working Model, In Proceeding of the 1999 Hightech Engine and Cars Conference (Modena, Italy), (1999).
- [9] Sensors for Automotive Technology , J.Marek, H-P. Trah, Wiley-Vch, (2003)
- [10] MADYMO theory manual, TNO, (2005).
- [11] V. Cossalter : MOTORCYCLE DYNAMICS, Editor: Race Dynamics, Milwaukee, USA, ISBN 0-9720514-0-6, (2002).
- [12] Michael S. Varat, Stein E. Husher, Karl F. Shuman, and John F. Kerkhoff: Rider Inputs and Powered Two Wheeler Response for Pre-Crash Maneuvers, Proceedings of the 11th IFZ, (2004).
- [13] J. Bachmann, B. Kirst, M. Braunsperger: Segment specific influence sizes at motorcycles on the strains of driver, 10th IFZ proceedings, (2002)
- [14] Automotive safety Handbook, Ulrich Seiffert, Lothar Wech, Professional engineering publishing, (2003).

**Entwicklung und Eigenschaften des Riding Trainer
zur Sicherheitsschulung**

**Development of Riding Trainer for Safety Riding Education
and its Features**

**Développement d'un simulateur de conduite,
appelé «riding trainer», permettant une formation à la
conduite
en toute sécurité et à ses caractéristiques**

Sadanao Ichimi, Yukio Miyamaru, Katsuhito Aoki
Honda R&D Co., Ltd. Motorcycle R&D Centre, Japan

Kurzfassung

Um ein Motorrad unter den tatsächlichen Bedingungen des gemischten Straßenverkehrs sicher zu führen ist es wichtig, die Fähigkeit zum vorausschauenden Erkennen potenzieller Gefahrensituationen zu erwerben. Der Riding Trainer wurde als Ausbildungsgerät neu entwickelt, um diese spezielle Fähigkeit zu schulen. Verglichen mit dem Honda Riding Simulator, der in der Fahrausbildung in Japan eingesetzt wird, ist der Riding Trainer wesentlich einfacher aufgebaut, so dass er auf breiterer Basis eingesetzt werden kann und leichter zu benutzen ist. Die Hardware umfasst nur die eigentlichen Bedienelemente wie Lenker, Kupplung, Bremsen und Schalter. Diese Bedieneinheit kann über einen USB-Anschluss mit einem handelsüblichen PC verbunden werden und dient so als Controller der Schnittstelle zum Fahrer. Bei herkömmlichen Fahrsimulatoren wurden mehrere Computer benutzt, aber der neu entwickelte Riding Trainer kann mit einem einzigen PC betrieben werden.

Das Gerät beinhaltet auch eine Lernfunktion, mit der die Fahrt nach Beendigung automatisch wiedergegeben werden kann, so dass der Fahrer sein eignes Verhalten in bestimmten Gefahrensituationen überprüfen kann. Dabei werden Sicherheitshinweise gegeben, die den Fahrer veranlassen, seine Fähigkeit zur vorausschauenden Gefahrenerkennung zu verbessern. Die Anwendung beinhaltet eine Übungsfunktion für Fahranfänger, mit der das Betätigen der Schaltung trainiert werden kann. Der Riding Trainer ist wesentlich preiswerter als der Riding Simulator und beansprucht nur so viel Platz wie ein Motorrad, so dass er einfach aufgestellt werden kann. Es ist also möglich, dass zukünftige Motorradkunden im Ausstellungsraum eines Motorradhändlers sicheres und vorausschauendes Fahren üben. Der Riding Trainer dient nicht zum Erlernen der Fahrzeugbeherrschung, er stellt jedoch ein effektives Instrument dar, um die Aufmerksamkeit von Fahranfängern im Hinblick auf Verkehrsrisiken zu erhöhen.

Abstract

In order to ride a motorcycle safely in real-life mixed-traffic conditions, it is essential for the rider to be trained to develop risk prediction capability. For the purpose of training this specific riding capability, the Riding Trainer is newly developed as a training device. As compared to the Honda Riding Simulator utilized in motor school in Japan, much simpler mechanisms are incorporated in this unit so that it may be used much more widely and easily. As for its hardware, only the components necessary for basic operations such as the steering handle, clutch, brakes and switches are used. It is designed to be connected to a general personal computer through a USB terminal as a human interface controller. With conventional riding simulators, multiple computers have been used.

But, this newly developed Riding Trainer can be operated by a single personal computer. It is also equipped with a study function with which the riding data is automatically replayed after the rider has finished riding so that he/she can review his/her own riding characteristics and, at each risk-setting scene, shows advices on safety, thus urging the rider to deepen his risk prediction capability. The application includes a course for novice riders in which gear-shift training in manual transmission mode can be practiced. This Riding Trainer is much cheaper than the Riding Simulator and the space needed for this unit is as small as the size of a motorcycle, making it easy to install. If it is installed in the showroom of a motorcycle dealer, it would be possible for prospective customers to learn about safe and or risky riding in mixed-traffic conditions. While the Riding Trainer is not designed to teach riding skills, it can be an effective method of raising a new rider's awareness of the risks associated with riding in traffic.

Résumé

Afin de conduire une moto en toute sécurité dans des conditions de trafic complexe, il est essentiel de s'entraîner à reconnaître les risques pour pouvoir les anticiper. Afin de développer cette capacité à anticiper les risques, le riding trainer a été récemment développé comme instrument de formation. Comparer au simulateur de conduite Honda, qui lui est équipé d'un système reproduisant les mouvements de la moto en situation de conduite réelle et qui est actuellement utilisé dans les écoles de conduite au Japon, le riding trainer se compose de mécanismes beaucoup plus simples de sorte qu'il peut être utilisé dans beaucoup plus de situations et beaucoup plus facilement. Concernant le matériel, on a supprimé les éléments reproduisant les mouvements de la moto en situation de conduite réelle. Seuls les éléments de base nécessaires pour la conduite tels que le guidon, l'embrayage, les freins et les commutateurs ont été conservés. Le riding trainer a été conçu de telle sorte qu'il est relié à un PC central par une borne USB jouant le rôle de contrôleur de l'interface humaine.

Ce « riding trainer » nouvellement développé peut être actionné par un seul PC contrairement aux simulateurs de conduite traditionnels qui utilisent plusieurs ordinateurs. De plus, il est équipé d'une fonction d'étude qui permet de collecter les données pendant la session de conduite simulée et de revoir ensuite la session de sorte que le motard / la motarde puisse passer en revue ses propres caractéristiques de conduite et recevoir des conseils de sécurité à chaque scène de conduite contenant des risques. De ce fait, le riding trainer pousse le motard / la motarde à approfondir sa capacité à anticiper les situations à risques. A cela s'ajoute un cours pour les motards débutants qui propose un entraînement au changement de vitesse en mode de transmission manuelle, ce qui en somme élargi le domaine d'application du riding trainer. Ce riding trainer est beaucoup moins cher que le simulateur de conduite reproduisant les mouvements de la moto en situation de conduite réelle, et il occupe aussi peu d'espace qu'une moto, ce qui facilite son installation. S'il est installé dans une concession moto, il peut être essayé par les clients et ainsi leur permettre d'apprendre plus sur la conduite en toute sécurité et/ou sur les situations de conduite comprenant des risques en condition de trafic complexe.

Development of Riding Trainer for Safety Riding Education and its Features

1. Introduction

Generally, riding a motorcycle in mixed-traffic conditions, the rider is completing three activities at the same time, namely, recognition, decision, and action. In order to ride a motorcycle safely, it is vitally important for the rider to recognize the surrounding traffic conditions correctly, make the right decisions and take appropriate actions. One of the ways to get trained for these techniques, which is widely utilized right now, is to study a textbook that describes a variety of hazardous situations. However, a much more effective way is to experience those hazardous situations on one's own through actually riding a motorcycle. Because it is said that "Experience" makes those memories last longer and allows a person to remember them quickly and more vividly than "Reading a textbook ⁽¹⁾". However, it is not realistic as the education to make the rider to experience the risks encountered in the actual mixed-traffic conditions because serious dangers might be involved.

The Riding Trainer is intended to help bridge that gap for new riders. In Japan, those who wish to obtain a motorcycle driving licence generally go to a motor school to get trained for obtaining a licence, but the fact is, they are not trained there to negotiate the hazardous traffic situations they may encounter on the actual road. Since 1996 up to now, the training program for the motor school in Japan has been changed from one that emphasises driving techniques to one that emphasises safe driving awareness. This program involves learning from experiences of hazardous traffic situations which we may encounter on the road. In advance of the change of the curriculum, we had been developing the Riding Simulator as a training device that can enable riders to have virtual experience the hazardous situations in a risk-free setting. This simulator is equipped with hardware and software that comply with the official standards and, at the present, are still used for training purposes at motor schools in Japan. We believe that the Riding Simulator is contributing greatly to enhance the quality of safety riding education and has, in fact, achieved a substantial success.

However, because its introduction and use have been mainly limited to motor schools, we have always thought that something must be done to further promote safety riding education. The main obstacles for further promotion lie in price, size, weight, and software which was developed for the Riding Trainer based on the precondition that a qualified instructor must accompany the student rider. As a company which manufactures and sells motorcycles, we firmly believe that it is one of our most important missions to maintain the goal of a safe traffic society by providing improvements for safe riding education.

Based upon this corporate principle, we have decided to develop a new Riding Trainer that allows any motorcycle rider to experience a variety of hazardous riding situations almost anytime in a convenient location. As first stage, we chose the motorcycle dealers as the target for this device to get installed.

The reason we choose motorcycle dealers as one of targets is that motorcycle dealer is an origin from where motorcycles go into the world and there are qualified personnel who are concerned with motorcycle safety. In addition to this, we think that the uses in such as motor club, public and private driving school may be possible. Figure 1 shows the Riding Simulator and the new Riding Trainer is shown in Figure 2.



Figure 1: Riding simulator



Figure 2: Riding trainer

2. System composition

In comparison with the Riding Simulator, the features and contrivances of the new Riding Trainer are described. Hereafter, the Riding Simulator used in motor schools is simply called “the Simulator” and the newly developed Riding Trainer is called “the Trainer”. Figure 3 shows the system incorporated in the Simulator.

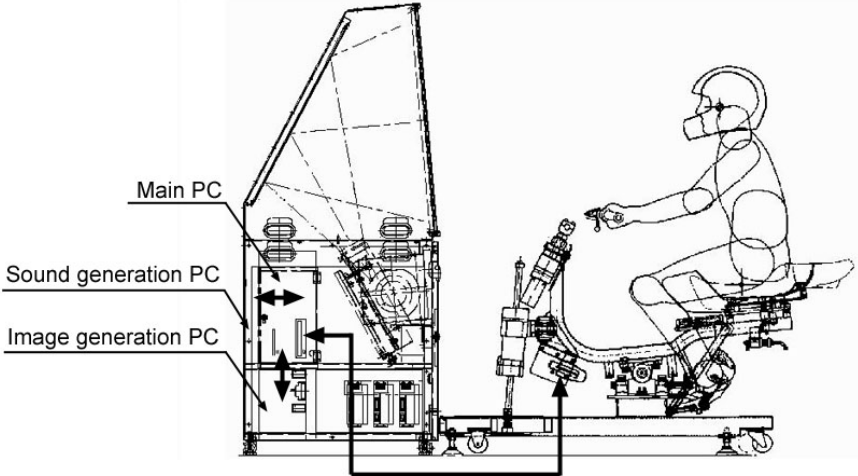


Figure 3: System configuration of Riding Simulator

The Simulator consists of a motion unit and three computers. In the motion unit three actuators that reproduce the various motorcycle motions (incl. rolling, pitching and steering handle movement) are built-in. One computer is used for displaying roadway images and the other is for making the background sound. The host computer controls the other two slave computers and the motion unit. The Simulator complies with the official standards as a training device with its actuators and a large size screen that allow even a novice rider who touches an actual motorcycle for the first time at the motor school to experience virtual riding atmosphere. However, in order to be used at a motorcycle shop, the important factors are low-cost, lightweight and compactness.

Therefore, the Trainer was developed with the requirement of being installed in a dealer showroom. In developing the new unit, we started first by eliminating the actuators that occupy a large part of the simulator components in view of cost and weight. Additionally, we replaced the three computers, which are a large part of the cost and which control the background sound, background images and other functions with only one computer that can do all the controls. As a result, the weight and the cost turned out to be reduced to nearly 10% of these of the Simulator, thus accomplishing these objectives of the Trainer. Figure 4 shows the system configuration of the Trainer.

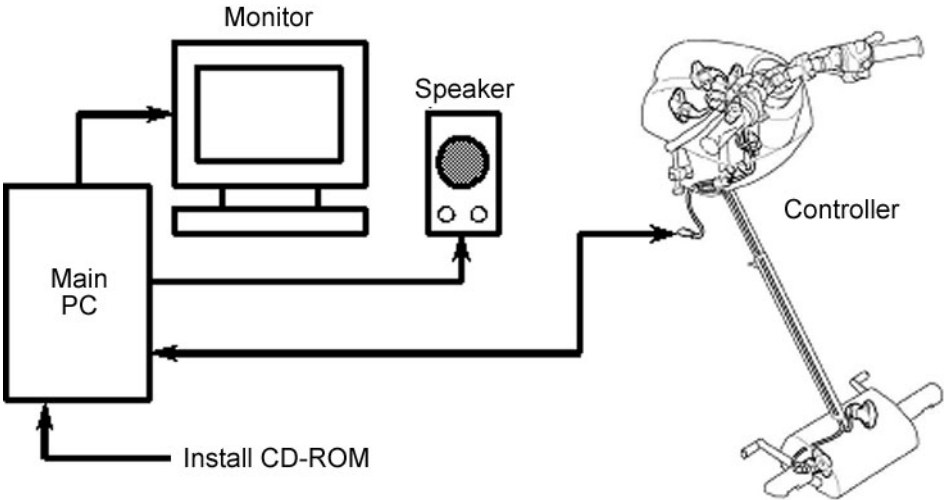


Figure 4: System configuration of Riding Trainer

Because the Trainer can be operated by a readily available personal computer as far as it can comply with the following specifications, it is made up only of the controller and a CD-ROM for installing the special programmed software. Table 1 shows specifications of personal computer used in the Trainer.

Table 1: Recommended specifications of personal computer

Operating system	Windows 2000/XP
Architecture	PC98-NX/AT interchangeable
CPU	Pentium4, 2.4 GHz or more
Memory	512 MB or more (minimum 384 MB)
Hard disc	When installing: Vacancy more than 800 MB When executing: Vacancy more than 300 MB
Graphic	Display Resolution: 1024 x 768 fixed Number of colors: 65536 colors or more
	Video card compatible with DirectX 9.0 loaded with graphic video memory 128 MB or more
Sound	Sound card and speaker compatible with Direct Sound
Drive, etc.	CD-ROM drive of 4 times speed or higher
USB port	A vacant USB (1.1) port should be available

3. Features and characteristics of the system

The Trainer can be operated by an ordinary personal computer using USB1.1 as an interface for the operation portion. Equivalent to the simulator, it can detect the rider's operations 30 times a second through the control program. The riding operations that can be detected are analog-input, such as throttle-opening, front brake-input, clutch-input, steering handle turning angle, rear brake-input, and ON/OFF switch input, such as left and right handle switch operation and shift-change operation.

In the Simulator, a hydraulic pressure sensor is used as a brake line input sensor, but in the unit the lever stroke is detected by means of a potentiometer for the purpose of reducing cost and for easier maintenance. One problem is that the rider feels a different sensation on the Trainer to detect braking force, not with a pressure sensor, but by the length of stroke. For this reason, in order to eliminate this difference in feeling and for the rider to be able to feel the same as through a pressure sensor, the correlation between the stroke of the lever pulled and brake-gain, nonlinear function was employed so that the rider would feel almost no difference in feeling in braking operation. Of course, with no pitch or attitudinal change this is related only to the controls.

Shift-patterns are flexible enough so that it can comply with the specifications employed in countries other than Japan by software changes for both motorcycles with manual transmissions and for scooters.

Because the operating parts and lean sensor which are used in the Simulator have been left out of the Trainer, the direction change of the motorcycle is determined only by the steering handle turning. For this reason, the caster angle of steering system was made larger than an actual motorcycle, to represent a rolling of the motorcycle chassis virtually. So in accordance with the larger caster angle of steering system the rider can have better control on the Trainer from the low speed to high speed ranges. With the Simulator, the vibration caused by the pitching of the operating part and the steering represented the shock, the rider would feel at the time of collision. In the Trainer, however, the shock at the time of collision was shown by shaking the screen vigorously because it does not have the capacity to provide tactile feed back to the student.

Riding through a virtual town street the rider encounters various hazardous traffic situations contrived based upon the data analysis of typical motorcycle accidents. With the Trainer the rider can experience 14 courses, 103 different kinds of hazardous scenes and can obtain assessments. In addition to the descriptions as a device to ride in the virtual town, the following are its characteristics as an educational device.

The Simulator is made as an educational device that requires direct instructions by an instructor at a motor school who can concentrate on educating the student rider. In contrast, staff at a motorcycle dealership has to do daily sales business and services. In consideration of these situations, the Trainer is designed not to disturb staff members' daily jobs.

For example, if a traffic accident takes place while the rider is riding a motorcycle in the virtual town, the accidental scene will be replayed immediately after the accident so that the rider can learn what happened while riding and analyse why it happened on the spot. On the Simulator, after the rider's virtual riding, the instructor provides advice to the rider with the automatically scored assessment paper and the recorded rider's riding data. On the Trainer, however, immediately after the riding, the recorded rider's riding data is automatically replayed and the comments on how the rider reacted at the situation and how that person should have behaved appears so that the rider can modify their riding behaviours and understand better riding. Figure 5 shows a traffic scene and Figure 6 shows a replayed scene.



Figure 5: Traffic scene



Figure 6: Replay scene

There are some countries where licensed car drivers can automatically ride a motorcycle with limited engine displacement. In Japan it is the motorcycles with 50 cm³ and less engine displacement and in Europe it is the motorcycles with 125 cm³ and less engine displacement. In these countries, the licensed car drivers who have never ridden a motorcycle have almost no chance to get trained for motorcycle gearshift changes, and if they want to ride a motorcycle, they have to practice shifting on an actual motorcycle.

Because of this, the fact is that the motorcycle dealer's staffs have to spend substantial time to help customers to get used to gearshift change techniques. In consideration of this fact, we added to the

Trainer a new function with which the novice rider can practice gearshift changes. On screen instructions and illustrations are shown and the novice rider can repeat the practices over and over. Through this function, the rider can also practice how to coordinate throttling, engaging the clutch and changing the gearshift. Figure 7 shows the scene of gearshift changing practice.



Figure 7: Scene of gearshift changing practice

As the result of actual tests having used the Trainer, it is reported that the time required until a rider gets used to an actual motorcycle is shortened ⁽²⁾. For the use of this Trainer, nine different languages are available and, further, more languages are planned to be added so that more people can use the Trainer.

4. Conclusion

From the results as above the new Riding Trainer with the following features has been completed.

- Easier to use at the motorcycle dealer level.
- Easy to study risk prediction capability
- Possible for novice riders to practice gearshifts
- 9 languages used for instructions

We are further endeavouring to make it much more education-effective through actual application.

Reference

- (1) Awane T. et al.: Integrating Simulators in Motorcycle Safety Education, IATSS Research, Vol. 23, No.1, p. 26 – 35(1999).
- (2) Watanabe E. et al.: Effectiveness Verification of Practice Using the Simple Motorcycle Simulator, SAE Technical Papers 2005-32-0080.

**Motorradfahrer-Trainingsassistent (M.O.T.A.)
– ein objektives Fahrer-Fähigkeitseinschätzungssystem**

**Motorcycle Operator Training Assessor (M.O.T.A.)
– an objective rider skill assessment system**

**Assesseeur de compétence d'opérateur de moto (M.O.T.A.)
– un objectif compétence de cavalier de l'évaluation system**

Wayne 'Rob' Smith – Motorcycle Safety Expert,
John McIver R&D Engineer

DV Experts International, Australia

Kurzfassung

Zurzeit beruht die Bewertung von Motorradfahrersicherheitstrainings auf subjektiven Einschätzungen von Instruktoren, unzuverlässigen elektronischen Hilfsmitteln. Dazu benötigt man meistens noch ein großes Trainingsgelände.

In Zusammenarbeit mit DV Experts International hat der Autor dieses Beitrags ein objektives Bewertungssystem erstellt, welches sich „Motorcycle Operator Training Assessor“, kurz „MOTA“, nennt. Dieses System erfordert ein Areal von 60 mal 40 Metern und analysiert die Fähigkeiten des Fahrers wie Bremsen, Ausweichen und Kurven fahren in verschiedenen Geschwindigkeiten, Verzögerungen und Lenkwinkeln im Vergleich zu bereits vorprogrammierten Standardwerten.

Beim Einsatz von Fahrern mit unterschiedlichen Fähigkeiten und Erfahrungen haben Tests klar gezeigt, dass messbare Verbesserungen in den Leistungen und ein quantifizierbarer Zugewinn der Fähigkeiten erzielt werden können.

Die Ergebnisse können als Datenblock oder auch in Abhängigkeiten zu Zeit und Geschwindigkeit betrachtet werden. Alternativ können die Ergebnisse als Liniendiagramm oder in einem 3-D-Modell betrachtet werden. Dies alles kann gespeichert, herunter geladen oder für öffentliche Zugriffe nutzbar gemacht werden.

Das MOTA-System kann für Anfänger- und Fortgeschrittenentrainings gleichermaßen genutzt werden und den Schutz des Fahrers in Trainings- und Testsituationen verbessern. Es wird versichert, dass die Fahrer einen messbaren und verlässlichen Level bei ihrer Fahrfertigkeit erreichen können. Das MOTA-System wird daher zu signifikanten Reduzierungen in Motorrad-Unfall-Traumata führen können.

Abstract

Currently measurement of rider training and testing relies on subjective appraisal by instructors, unreliable electronic devices and often needs large areas of training range. In collaboration with DV Experts International, the author has conceived and built an objective assessment system called the Motorcycle Operator Training Assessor (MOTA) that requires an area of just 60 x 40m. The system measures the underpinning skills of braking, swerving and riding curves by comparing acceleration, deceleration and lean angle against pre-programmed performance standards.

Using riders of differing skill and experience, testing has clearly shown measurable performance improvements and the quantifiable benefits of rider skill acquisition. Performance results can be viewed either as raw data, showing time distance and speed. Alternatively they can be viewed as a line graph or as a 3D model replay. All results are stored and can be downloaded or accessed for audit purposes.

The MOTA system can be used for training from novice to advanced level and can improve the integrity, security and consistency of training and testing. By ensuring riders have a clearly measurable and validated level of ability in fundamental riding skills. The MOTA system will therefore lead to significant reductions in motorcycle crash trauma.

Résumé

Currently de la formation et de l'essai de cavalier compte sur l'évaluation subjective par des instructeurs, dispositifs électroniques incertains et a besoin souvent de grands domaines de collaboration de la formation range. In avec des experts en matière de DV internationaux, l'auteur a conçu et a établi un système objectif d'évaluation appelé l'assesseur de formation d'opérateur de moto (MOTA) qui a besoin d'un secteur juste de 60 x de 40m.

Le système mesure les qualifications de soutien des courbes de freiner, faire un écart et monter en comparant l'accélération, la décélération et l'angle maigre contre les cavaliers préprogrammés de l'exécution standards. Using de la compétence et de l'expérience différentes, examinant a clairement montré que des améliorations mesurables d'exécution et les avantages quantifiables des résultats de la compétence acquisition.

Performance de cavalier peuvent être regardés l'un ou l'autre en tant que données brutes, montrant la distance de temps et la vitesse. Alternativement elles peuvent être regardées comme graphe linéaire ou pendant qu'un modèle 3D rejouent. Tous les résultats sont stockés et peuvent être téléchargés ou consulté pour le système de l'audit purposes.

Le MOTA peut être employé pour former du débutant au niveau avancé et peut améliorer l'intégrité, la sécurité et l'uniformité de la formation et de l'essai. En assurant des cavaliers ayez clairement un mesurable et validez de niveau des capacités dans des qualifications fondamentales d'équitation. Le système de MOTA mènera donc aux réductions significatives du trauma d'accident de moto.

**Motorcycle Operator skill assessor (M.O.T.A.)
- an objective rider skill assessment system**

Hardware description

MOTA is a computer-based system for determining the competence and capability of a motorcycle rider. The system comprises two hardware units connected to a host computer by wireless data links. The host computer controls the testing and stores the data produced during any test. It also has the ability to analyse the test data, display the results in a variety of text or graphical formats, and to make a general determination about the rider competence level.

One external hardware unit is a light box comprising a red stop light, two orange swerve lights and a green 'go' light,. These are used to visually control the sequence in which test manoeuvres are performed, and to generally control the rider during the course of testing. The rider faces the lights and the test exercise commences with the green light. They then accelerate to achieve the required speed and stabilise before either a stop signal is given, or a swerve to the left or right is signalled using one of the orange lights located either side of the red light.

The second hardware unit is a sensor box which is attached to the motorcycle. While this is physically attached to the test motorcycle, it is not in any way connected to the operational parts of the motorcycle (engine, electrical system, etc). The sensor box determines the motorcycle behaviour during the course of any test. This data is then returned to the host computer for subsequent analysis.

A dynamic sensor located within the sensor box records lateral, longitudinal and normal accelerations using accelerometers as well as rotational information in the form of roll, pitch and yaw rates. Optionally the system can employ a GPS (Global Positioning System) or other type of satellite receiver (Glonass or Galileo) to provide more accurate location and velocity data, and a highly accurate time base.

A suite of software programs integrates the hardware operation and provides the means for display and analysis of the recorded test data. The recorded data is small in terms of data storage capacity, so all data recorded can be practically archived and stored for long periods of time.

MOTA Data File Format

The MOTA program stores test data using a standardised file format. This stores the raw data from the on-board motorcycle sensor in the form of engineering standard format for each test it runs. The RTVIEW program reads the units, so it can then be suitably post processed at a later date.

The MOTA program stores data in this standard file and processes it to display the various recorded data values graphically in a number of different ways.

The data files are identified as MOTA data files by using the suffix "MOT". The files store data in ASCII text format for maximum flexibility. While the file name itself is free, the MOTA program implements a specific naming convention to help more easily identify data files. A typical MOTA data file would have the form as follows:

RobSmith AccelBrake Test 22-02-2006 152526.Mot

This file identifies the person riding the motorcycle as "RobSmith", and the test manoeuvre is an "AccelBrake Test". The test was performed on the 22nd of February 2006, at 15:26 (3:26 PM) on that date. Although the date is included for administrative purposes, the inclusion of the time, to the second, ensures each file name is truly unique, so the same person can perform the same test on the same day repeatedly without any risk of a duplicate file name being encountered.

1. Header Data

The data file stores a number of items of information in a file header, followed by the data records for the actual test. The header data comprises eight (8) items, with each recorded on a separate line.

a) Identifier String

This is a line of text briefly identifying the test which created this data file. For example, "Braking Test", which indicates the data is for a braking manoeuvre.

b) Operator Name

This is a string of text identifying the motorcycle trainee, or rider, name. It simply identifies the person in control of the motorcycle for this test.

c) Date of Test

This is a string defining the date on which the test occurred. The format in which the date is presented is "22/02/2006", where the first number is the day of the month, the second number is the month and the final number is the year.

d) Time of Test

This is a string defining the time at which the test occurred. The typical format for recording the time would be "3:25:26 PM", which should be quite self explanatory. Note that the time format used in the file name employs a 24 hour clock display while this format is for a 12 hour clock system. The time display presents hours, minutes and seconds on the day of the test.

e) Test Type

This value defines the type of test performed. Currently there are 5 standard test manoeuvres defined, although this can easily be expanded in the future. Knowing the test type permits custom processing of the data during the analysis phase. The 5 current test types are:

Type 1 – Braking Manoeuvre

Type 2 – Left Swerve Manoeuvre

Type 3 – Right Swerve Manoeuvre

Type 4 – Left Cornering Manoeuvre

Type 5 – Right Cornering Manoeuvre

f) Duration of Test

This value defines the length of the test manoeuvre in seconds. This is currently redundant information but should have a specific purpose in the near future. Currently we can find the test duration by using the known data rate and the total number of data records in the data file. The current value here specifies the length the test was expected to run prior to it starting. On completion of the test a true duration can be obtained using the data rate and number of data records. The actual test duration should always be smaller than this number. If the numbers are the same it means the test procedure "timed out" and was not stopped earlier due to normal test completion.

g) Total Number of Data Records

This value indicates how many data records are expected to follow. As each data record occupies one line, it also indicates how many more lines of data exist in the data file. This value can be used to calculate the test duration and it also permits easier processing of the data file by other programs.

2. Test Data

The header data is then followed by the data records, recording the motorcycle performance during the specified test. Each line in the data file stores a single data record and each data record contains nine (9) items of information. The data values for each record are separated by commas, so the data can be easily loaded into other types of program, such as spreadsheets or databases. The items on each line are:

a) Data Record Index

Each data record starts with a number indicating the line position. This is provided to help in negotiating the file data. This value is not used in the processing of data at this time.

b) Time

A time value is provided, in seconds. This time is the elapsed time for the test, relative to the beginning of the test, which is 0.0 seconds.

c) Accelerations

Three acceleration values are then provided, for Longitudinal, Lateral and Normal accelerations respectively. The acceleration values are presented in units of "G". Note that 1.0 G signifies a stationary motorcycle (the force due to gravity acting on the motorcycle).

d) Rotational Rates

Three rate values are then provided, for the Roll, Pitch and Yaw rates respectively. These are presented in units of degrees per second.

MOTA Test Run Examples

Shown below are examples of how raw data would be displayed using the line graph method available.

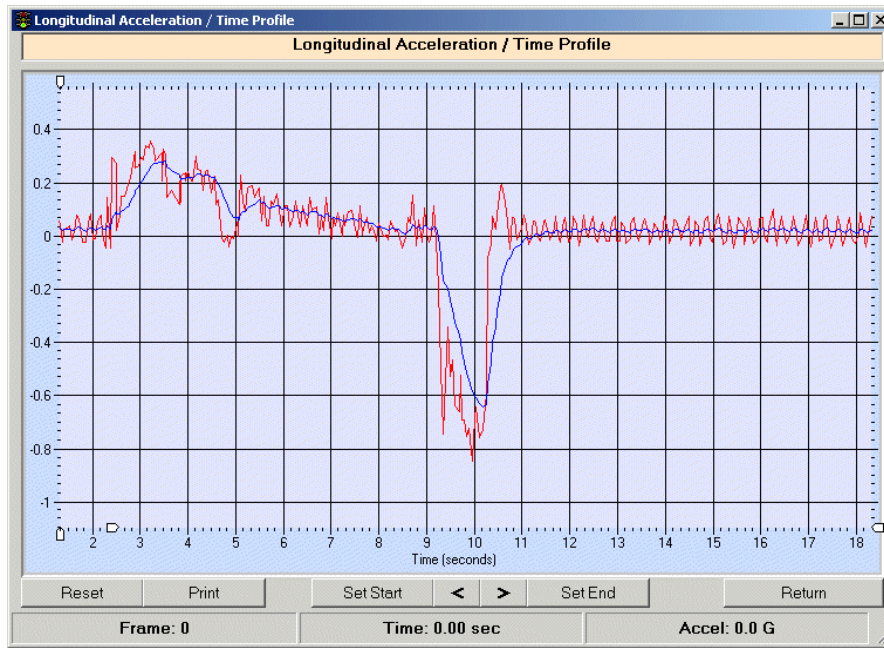


Image 1

View the blue line for these charts to get the best understanding of what is happening. On this chart the rider is initially stationary (nearly zero G) then accelerates away. At about 3.5 seconds he hits maximum acceleration at nearly 0.3G then eases off at the required cruise speed. Note that at 5 seconds the rider eases off the throttle to adjust the speed. At just after 9 seconds the rider brakes quite hard, with a maximum braking deceleration of about 0.7G at 10 seconds.

Finally the rider eases off the brakes and comes to a halt. If you now look at the red (raw) data, at the point of maximum braking, you will gain a little extra information. Some of the useful raw data has been smoothed away in the blue line, but the red line suggests the rider may have grabbed at the brake initially, then eased off, then applied it again.

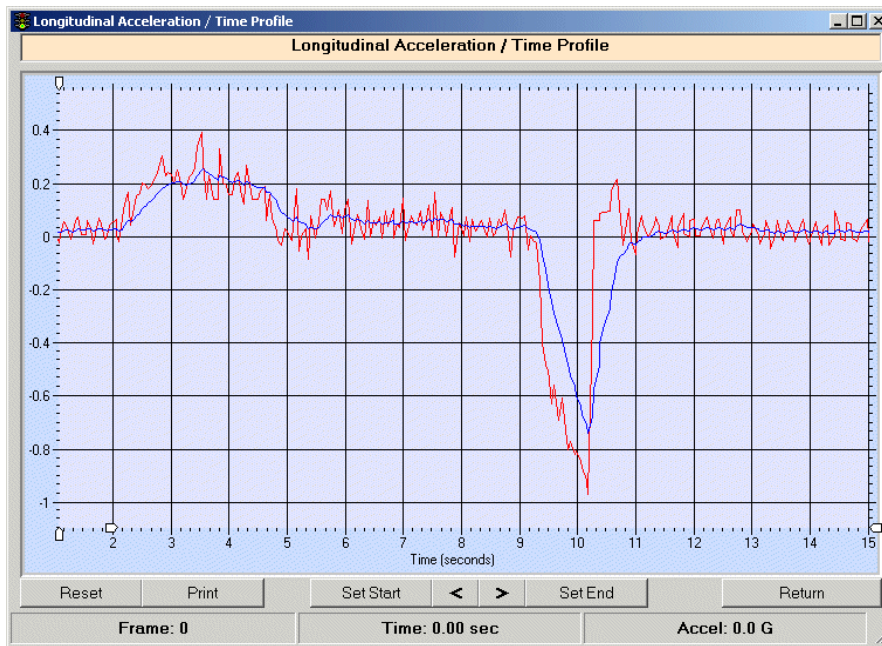


Image 2

Image 2 is generally similar to the previous run, but the rider achieves a higher braking effort here (about 0.8G at 10 seconds). Although the data curves have a slightly different shape, the general profile is much the same. The rider starts from rest and accelerates, then there is a brief easing of acceleration (at 5.5 seconds – indicating a possible gear change), then an easing off of acceleration prior to applying the brakes. Here the braking can be seen to be smoother than before, indicating that the rider’s performance has improved from the previous run.

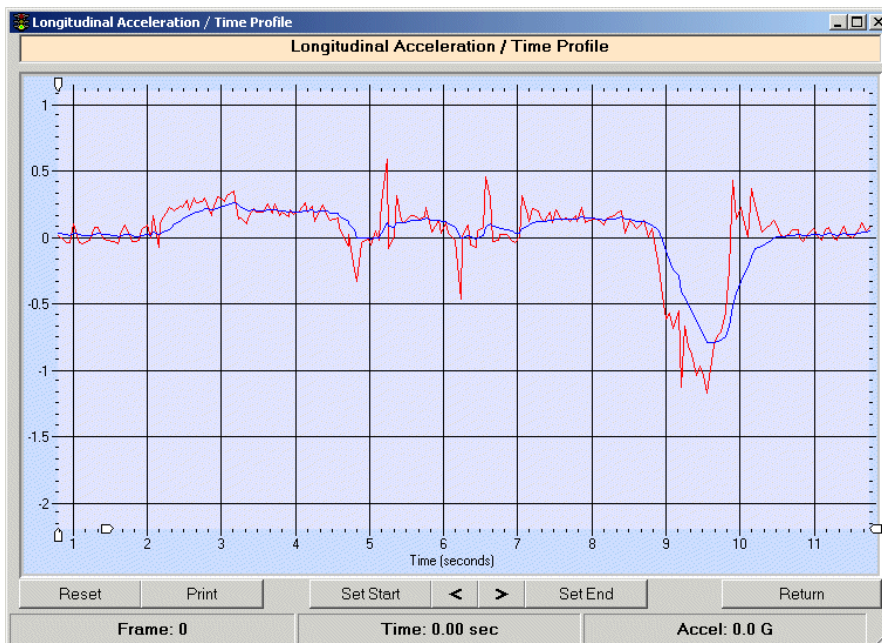


Image 3

This run has a generally similar shape to the good runs, but differs in the details. Once again the rider accelerates, although a little more gently, then the acceleration drops off twice which indicates either two gear changes or poor throttle control. The acceleration is quite constant along the path up to the braking point. The good runs showed a smooth decrease in acceleration up to the braking point. In this example the rider went from accelerating to braking immediately (at 9 seconds) where the earlier good runs showed a more progressive transition.

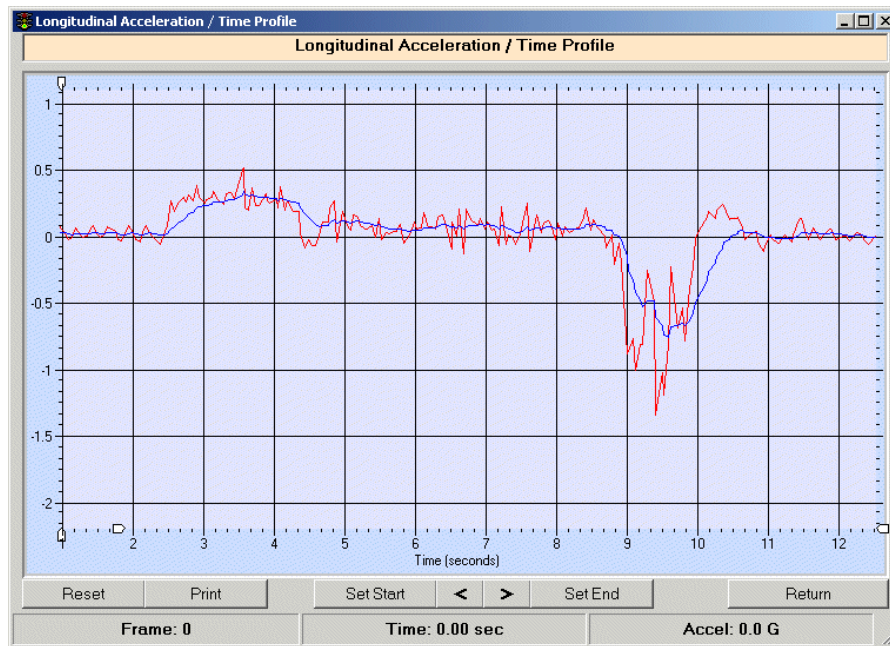


Image 4

This example shows a run where the wheels locked. Again the rider accelerates from rest, then a gear change, and then we have a more constant acceleration segment. The most notable feature here is how rough the braking peak is. Even the filtered (blue) profile is quite jagged. The red profile indicates at least 3 peaks which corresponds to the wheels locking and freeing.

Establishing a standard

Each MOTA unit can be programmed to accept any standard required. In this example an achievable standard for a novice rider might be as follows for a braking exercise.

The rider is required to perform a braking test to demonstrate their ability to control the motorcycle during hard braking. This test has the rider initially at rest. They will then accelerate briskly to about

25km/h, then travel at this constant speed until a visual signal is given for them to commence their braking.

They must then brake as hard as possible while still maintaining control of the motorcycle and not locking the wheels.

Figure 1 is a plot of the variation of longitudinal acceleration of the motorcycle with time, and shows an ideal braking test for a novice rider. From a number of live trials parameters have been established to define the profile for a good braking test, and how this would vary for a poor test.

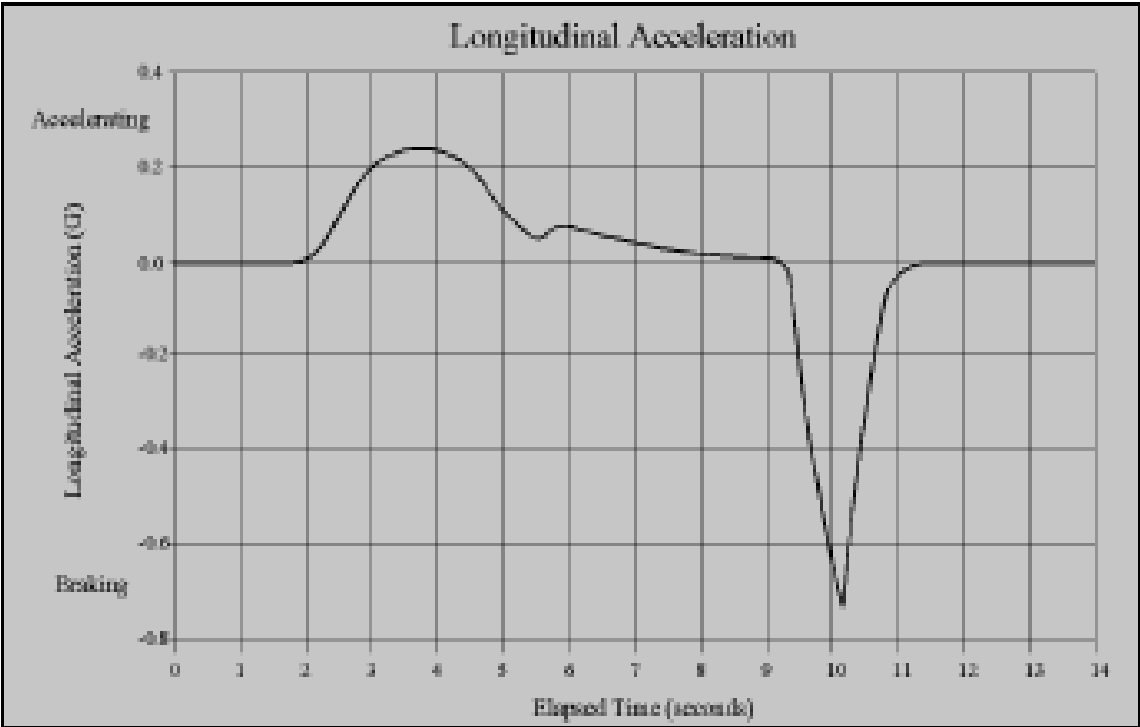


Figure 1: Ideal test example (Novice)

For the ideal test, the motorcycle will initially be at rest at time zero. After 2 to 3 seconds of stationary time the motorcycle will accelerate away, reaching a maximum forward acceleration of 0.3 to 0.4 G at 3 to 4 seconds after the start of the test. From this point the acceleration will decline slowly and smoothly as the motorcycle approaches the test speed of 25 km/h. Note that zero acceleration means the motorcycle is travelling at constant velocity.

It is likely one or two "notches" may appear in the acceleration-time plot, where the acceleration drops briefly to a value near zero. These are gear change points. Typically we would expect a single gear

change (from first to second gear) for this test, but the number will depend on the type and capability of the motorcycle being used for the test. For a single gear change the change point would occur about 5 to 6 seconds after the test start.

After the first gear change the acceleration should return to a value around 0.1 to 0.2 G at about 6 seconds after the test start. The braking will usually commence at between 8.5 and 9.5 seconds after the test start, with a maximum braking performance of between -0.6 to -0.9 G occurring about a seconds after this. The braking "pulse" should appear smooth and only display a single peak. After which the acceleration (deceleration) will return rapidly to near zero. The test will conclude at about 11 to 12 seconds after the test's initial starting time.

At the conclusion of each exercise, each student's performance is compared against the "ideal" and deemed to be acceptable or unacceptable. If the student achieves acceptable standards in all the exercises then the decision to issue a licence or permit may be made, or further training scheduled.

Conclusion

As can be seen from the above examples, the MOTA system allows a degree of objective insight into a rider's performance that has never before been available as well as the establishment of, and comparison with, a consistent standard. All the performance parameters including reaction times can be preset to measure to any standard from novice through to advanced, allowing the system to be used not just for low speed assessment, but also high speed training.

By being able to use a small area of 60 metres by 40 metres, training organisations and testing administrators can avoid costly land purchases allowing increased access to training and testing services.

All records and data can be stored and recalled at any time allowing audit and review functions to be carried out either by using the actual hardware or by downloading. Using the 3D animation facility a virtual playback of every rider's performance can be displayed and replayed to allow riders the opportunity to actually see and analyse their own riding skills. Security issues and test objectivity are taken care of by the need for each operator to input their own password to access the system.

Lastly, the MOTA system represents a significant shift forward from traditional subjective performance measurement methods allowing greater consistency in testing and therefore greater confidence in the outcomes.

Motorrad-Sicherheitstour
– ein Konzept zur Durchführung von Motorrad-Sicherheitstrainings im öffentlichen Straßenverkehr

Motorcycle Safety Trips
– Experience with motorcycle safety trainings
in real traffic situations

Entraînement à moto pendant des tours à moto
– des expériences fait avec la réalisation des entraînements
en circulation routière publique

Wolfgang Stern
avp – Institut für angewandte Verkehrspädagogik e.V., Germany

Kurzfassung

Im Jahr 2001 initiierte die Bergbau-Berufsgenossenschaft in Deutschland die Kampagne „Faktor 7“ zur Reduzierung von Unfällen, die auf dem Weg von und zur Arbeit geschehen. Als Teil dieser Kampagne entwickelte der Autor ein Trainingskonzept zur Durchführung von Motorrad-Sicherheitstrainings im öffentlichen Straßenverkehr und leitete bis heute rund 30 dieser Motorrad-Sicherheitstouren.

Konzeption der Motorrad-Sicherheitstour:

1. Rahmenbedingungen

- max. 14 Teilnehmer mit eigenen Motorrädern
- 2 Sicherheitstrainer
- 2-tägig mit gemeinsamer Übernachtung

2. Ziele

- Transfer der Ergebnisse eines vorab auf einem Übungsplatz absolvierten Sicherheitstrainings in die Realität des Straßenverkehrs
- Förderung sozialen Verhaltens durch das Fahren (und Probleme lösen) in der Gruppe

3. Inhalte

Verhalten in Verkehrssituationen mit Gefahrenpotenzial hinsichtlich

- Fahrbahnbelag und -verlauf
- andere Fahrzeuge im Quer- und Längsverkehr
- Wahrnehmung (Sehen und Gesehen werden)
- Fahren in der Gruppe
- Verkehrsführung und -regelung

4. Methoden und Medien

- Anfahren von „Stationen“ mit speziellen Übungs- und Beobachtungsaufgaben, z.B. unbefestigte Straßen, gefährliche Kurven, Kreuzungen etc.
- Beobachtungsaufgaben zu einem Thema während der Fahrt
- Dokumentation des Fahrverhaltens per Video- und Fotokamera (punktuell)
- Führung der Gruppe und Orientierung in unbekannter Gegend

Ergebnisse

Der freizeitorientierte Rahmen einer 2-tägigen Motorrad-Sicherheitstour mit gemeinsamer Übernachtung bietet eine gute Grundlage für die Umsetzung der Kursziele und –inhalte: die intensive praktische und theoretische Auseinandersetzung mit Fragen des sicheren Motorradfahrens. Gleichzeitig stellt dieser Rahmen die Kursleiter vor die besondere Herausforderung, zielorientierte Seminar-„Arbeit“ unter den atmosphärischen Bedingungen von „Freizeit“ zu ermöglichen. Inhaltlich und methodisch besteht die Herausforderung in der Auswahl von „Stationen“ einer Sicherheitstour, die zur Inszenierung von Lernprozessen geeignet sind, ohne dass eine Gefährdung der Teilnehmer oder anderer Verkehrsteilnehmer eintritt.

Zur Gewährleistung eines objektiven Feedbacks und zur Dokumentation von Gefahrmomenten wurden bei den Touren moderne Kameratechniken erprobt, beispielsweise eine am Helm montierte Videokamera sowie eine am Motorrad montierte digitale Fotokamera, die während der Fahrt per Fernauslöser betätigt werden konnten. Der technische Aufwand ist erheblich. Mit Hilfe einer genauen Planung der gewünschten Szenarien und moderner Techniken zur Bildauswahl und -bearbeitung am Computer (Notebook) kann er auf ein für die Sicherheitstour sinnvolles Maß reduziert werden. Zu beachten ist bei den Videoaufnahmen der besondere psychologische Druck, unter den die Teilnehmer geraten. Sie wollen es besonders gut machen und begehen gerade deshalb besonders viele Fehler.

Die Beurteilung der verkehrspädagogischen Wirkungen der Sicherheitstour beruht auf Rückmeldungen der Teilnehmer und eigenen Einschätzungen. Sie sind insgesamt sehr positiv: Die enge Koppelung von Theorie und Praxis sicheren Motorradfahrens im realen Straßenverkehr und der nicht-normative pädagogische Ansatz eines kollegialen Erfahrungsaustauschs werden von allen Beteiligten lobend hervorgehoben.

Die Sicherheitstour bildet nach unserer Auffassung eine notwendige Ergänzung zum Sicherheitstraining und bietet sicherlich ein verkehrspädagogisches Potenzial nicht nur für Motorradfahrer. Speziell für junge Autofahrer könnte eine modifizierte „Auto-Sicherheitstour“ eine weiterbildende Maßnahme sein, die vermutlich mehr Akzeptanz findet als die heute in Fahrschulen praktizierten „Freiwilligen Fortbildungsseminare für Fahranfänger“.

Abstract

Basic Approach

In 2001 the author developed a concept for the organization of motorcycle safety trainings in real traffic situations on behalf of the Bergbau-Berufsgenossenschaft (the German miners' accident insurance fund). The safety trainings have two basic targets:

1. improving the transfer of experience from safety trainings (organised by DVR) to real traffic situations
2. the support of social learning processes by joint riding and coping with problems in a group

Method

The investigation is based on the experience of the author obtained in app. 30 tours made during motorcycle safety trainings over a period of 5 years. These tours have been documented by the author.

Results

In order to enable transfer processes from a training area to road traffic the training re-enacts typical (and dangerous) real traffic situations. This requires exact scheduling and pre-arrangement and has – of course – its limits as attendees or other road traffic participants should not be exposed to dangerous situations. Using modern camera technology to provide objective feedback (camera on helmet and handle bar), which has been tested during various tours, has advantages and disadvantages which have to be taken into consideration. (Most critical situations during the trips occurred in situations when the participants knew that they would be filmed).

The social purposes of the safety trainings will be achieved in particular by riding (and solving problems) as a member of a group. It goes without saying that this does not work without conflicts that occur. Tourguides thus have to dispose of pedagogical skills in the fields of team development and conflict resolution in groups.

Consequence

Transfer and further development of this concept for different kinds of safety trainings for vehicle operators.

Résumé

Approche

En 2001 l'auteur a conçu un projet pour la mise en pratique des entraînements à moto en circulation routière au nom de «Bergbau-Berufsgenossenschaft» (le syndicat professionnel pour l'industrie minière). Les tours d'entraînements ont comme but:

1. L'amélioration du transfert des expériences fait pendant un DVR-entraînement à moto pour la réalité de la circulation routière
2. Le soutien des procès sociaux en faisant de la moto en groupe, resoudrant aussi des problèmes en groupe.

Méthode

Jusqu'au présent, il y a des valeurs empirique concernant environ 30 tours faits pendant des entraînements à motos; l'auteur les a convoyés et documentés.

Resultats

Pour permettre un tranfert des experiences fait pendant un cours de perfectionnement hors piste dans la réalité de la circulation routière, on a mis en scène des situations typiques et souvent extrêmes pour les motards. Ces mises en scènes exigent des préparations bien exactes qui sont bien sûr restreintes parce que ni les participants de l'entraînement ni les autres usagers de la route doit être mis en danger. L'emploi des caméras pour obtenir un feed-back objectif (les caméras sont montés aux casques et aux volants) a des avantages mais aussi des inconvénients dont il faut balancer le pour et le contre. (Pendant les tours on a experiencé des situations extrêmes la plupart du temps pendant des périodes quand les participants savaient qu'on les a filmé).

Les buts sociaux d'un cours de perfectionnement peuvent être obtenus en particulier par rouler (et resoudre des problèmes) en groupe. Mais cela ne se deroule pas sans conflits. Par conséquence, les entraîneurs ont besoin des capacités pédagogiques pour les groupes, pour les développements en groupes et pour ressoudre les conflits en groupe.

Perspective

Tranfert et développement du projet pour des contextes divers sur le plan des cours de perfectionnement pour les automobilistes.

Motorrad-Sicherheitstour
– ein Konzept zur Durchführung von Motorrad-
Sicherheitstrainings im öffentlichen Straßenverkehr

Vorbemerkungen

In Deutschland übernehmen Berufsgenossenschaften die Kosten, die durch Arbeitsunfälle entstehen. Dazu gehören auch die Unfälle im Straßenverkehr, wenn sie auf dem Weg von und zur Arbeit geschehen (Wegeunfälle) oder wenn Fahrten beruflich veranlasst sind (Dienstwegeunfälle).

Eine der insgesamt 26 nach Branchen aufgeteilten Berufsgenossenschaften, die Bergbau-Berufsgenossenschaft, wies in einer statistischen Erhebung aus dem Jahr 1998 nach, dass ihre Versicherten als Fahrer von motorisierten Zweirädern überdurchschnittlich häufig in schwere Wegeunfälle verwickelt sind. Die Quote der schweren Unfälle (Neurentenfälle) lag etwa um das Doppelte über dem Durchschnitt aller Wirtschaftszweige.

Mehrere Studien identifizierten folgende Ursachen:

- Überdurchschnittlich hoher Anteil an Zweiradfahrern unter den Bergleuten
- Zweiradfahrer haben ein deutlich höheres Unfallrisiko – insbesondere als Bergleute auf dem Weg zur Arbeit (Schichtbetrieb): Dunkelheit, feuchte Fahrbahn, fehlende Schutzkleidung.

Diese Erkenntnisse führten dazu, im Jahr 2001 die Kampagne „Faktor 7“ ins Leben zu rufen. Der Faktor sieben soll die nach BG-Statistik sieben Mal größere Gefährdung der Zweiradfahrer als der anderen Verkehrsteilnehmer im Straßenverkehr verdeutlichen.

Im Rahmen der Kampagne „Faktor 7“ wurden gemeinsam mit dem Deutschen Verkehrssicherheitsrat (DVR) und dem Institut für angewandte Verkehrspädagogik (avp) neue Trainingskonzepte für motorisierte Zweiradfahrer entwickelt, die seit 2001 für die in der Bergbau-BG versicherten Zweiradfahrer angeboten werden:

1. Das Sicherheitstraining auf dem Übungsplatz
2. Das Sicherheitstraining im realen Straßenverkehr – die Sicherheitstour.

Das Sicherheitstraining auf dem Übungsplatz unterscheidet sich von einem herkömmlichen eintägigen Sicherheitstraining für Motorradfahrer, das nach DVR-Richtlinien durchgeführt wird, im Wesentlichen durch die Erweiterung auf ein 2-Tages-Programm. Durch den zusätzlichen Übungstag steht mehr Zeit zur Verfügung, intensiver auf die Teilnehmer einzugehen. Das bedeutet beispielsweise mehr Übungsdurchgänge und -varianten, mehr Zeit für Diskussionen und die Einbindung der speziellen Arbeitswegproblematik der Bergbau-Betriebe.

Die Kurse auf dem Übungsplatz werden nach Möglichkeit in Doppelgruppen (16 Teilnehmer, 2 Moderatoren) durchgeführt. Die Teilnahme an einem solchen zweitägigen Sicherheitstraining auf einem Übungsplatz bildet die notwendige Voraussetzung zur Teilnahme an der Sicherheitstour. Wie am Sicherheitstraining nehmen die Bergleute an der Sicherheitstour mit ihrem eigenen Motorrad teil.

Konzeptionelle Grundlagen

Zielsetzungen

1. Die Sicherheitstour soll die Handlungskompetenz der Teilnehmer entwickeln, die für eine sicherheitsorientierte, defensive Fahrweise im Straßenverkehr erforderlich ist

Die während des vorangegangenen Sicherheitstrainings auf dem Übungsplatz vermittelten und „erfahrenen“ Kenntnisse und Fertigkeiten sollen unter den Bedingungen des realen Straßenverkehrs angewendet werden. Die Übertragung vom Schonraum in die Realität umfasst kognitive Leistungen zur Gefahrenwahrnehmung und -einschätzung, motorische Fertigkeiten zur Ausführung situativ angepasster Handlungen sowie die psychische Einstellung und Motivation, unnötige Risiken vermeiden zu wollen.

Anhaltspunkte zur Überprüfung des Richtziels, defensives Fahrverhalten zu entwickeln, liefern die von den Teilnehmern bewusst praktizierten Handlungen zum *Aufbau von Sicherheitsreserven* in verschiedenen Verkehrssituationen. Die Einschätzung der Sicherheitsreserven erfolgt extern durch die beobachtenden Teilnehmer und den Kursleiter. Der Beobachtete gleicht sie mit seiner Selbsteinschätzung ab und zieht daraus persönliche Konsequenzen.

Ein positiver Transfer von der Sicherheitstour auf die täglichen Arbeitswege ist dann zu erwarten, wenn ähnliche Rahmenbedingungen bezüglich Streckenführung und Verkehrssituationen gegeben sind. Dabei ist allerdings die Motivationslage der Teilnehmer zu beachten: Erinnert die Tour zu sehr an den (häufig frustrierenden) Arbeitsweg, entwickelt sich möglicherweise eine negative, lernhinderliche Stimmung.

2. Die Sicherheitstour soll soziales Verhalten (Kooperations- und Teamfähigkeit) entwickeln

Sozial-affektive Aspekte des Verkehrsverhaltens erhalten bei der Sicherheitstour ein besonderes Gewicht. Dies begründet sich aus der Tatsache, dass Straßenverkehr zu allererst ein soziales Geschehen

ist, das partnerschaftliche Einstellungen und Verhaltensweisen zwingend erfordert. Die Entwicklung eines partnerschaftlichen Miteinanders anstelle eines konkurrierenden Gegeneinanders ist nicht nur ein gesellschaftliches Ziel, sondern auch ein (pragmatisches) Ziel der Unfallprävention.

Anhaltspunkte zur Einschätzung sozialer Lernerfolge soll das kooperative Verhalten der Teilnehmer bei der Lösung von Problemen in der Gruppe liefern. Zu lösende Probleme bzw. Aufgaben werden durch den Kursleiter während der Sicherheitstour an die Gruppe herangetragen und müssen durch die Gruppe bearbeitet werden. Die erforderliche Konsens- oder Kompromissfindung mit den dabei zu überwindenden Schwierigkeiten verleiht dem Prozess selbst die Qualität eines pädagogischen Ziels – „der Weg ist ein Ziel.“

Inhalte – Themen und Übungen der Sicherheitstour

Die Inhalte der Sicherheitstour ergeben sich einerseits aus den Themen und Übungen des absolvierten Motorrad-Sicherheitstrainings, andererseits aus dem (sozialen) Kontext des Fahrens in der Gruppe und den Begegnungen mit anderen Verkehrsteilnehmern.

Das vorbereitende Motorrad-Sicherheitstraining behandelt im Wesentlichen Stabilisierungsaufgaben beim Geradeaus- und Kurvenfahren. Fahrer-Fahrzeug-Umwelt sind die Systemkomponenten, deren Zusammenwirken optimiert werden soll. Die Sicherheitstour stellt bezüglich der Komponente „Umwelt“ situative Variablen bereit, die ein Übungsplatz nicht bieten kann.

Da sind zunächst die unterschiedlichen Fahrbahnbedingungen:

- asphaltierte und unbefestigte Straßen (Schotter-, Sandwege)
- unterschiedliche Randbebauung (Leitplanken, Bäume, Felder ...)
- Fahrbahnführung (Geraden, Kurven)
- Steigungen, Gefälle, Kuppen ...

Rechtliche Bestimmungen und Sicherheitsaspekte erlauben nur in begrenztem Maß, öffentlichen Verkehrsraum als Übungsgelände zu nutzen.

Allgemein gilt für die Sicherheitstour der Grundsatz, dass Übungen zur Verbesserung der Fahrzeugbeherrschung nur dort durchgeführt werden dürfen, wo eine Gefährdung anderer ausgeschlossen ist. Auch der Übende selbst darf bei einem eventuellen Sturz nicht durch einen Sekundäraufprall (Baum, Leitplanke, Fahrzeug ...) zusätzlich gefährdet werden.

Neben den vielschichtigen Bedingungen der unbelebten Verkehrs-Umwelt werden Situationen des Realverkehrs insbesondere durch das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer bestimmt. Menschen verhalten sich gelegentlich irrational, nicht vorhersehbar – das (fehlerhafte) menschliche Verhalten ist die Unfallursache Nr. 1. „Wenn sich Fahrlinien (theoretisch) schneiden können, wird es (auch praktisch) zu Kollisionen kommen.“ So könnte man „Murphys Gesetz“ für den Straßenverkehr interpretieren.

Für die Sicherheitstour liefern Situationen mit „Schnittstellen-Problematik“ interessanten Stoff. Dabei muss das „Schnittstellenproblem“ nicht eskalieren, indem zum Beispiel eine Vorfahrtverletzung tatsächlich eintritt, um die Vermeidungs- und Bewältigungsproblematik erlebbar zu machen. In die konkrete Planung einer Sicherheitstour sollen allerdings Überlegungen zur Inszenierung besonderer „Aha-Effekte“ einfließen, die sich etwa durch die Simulation einer Panne, eines Unfalls oder einer Vorfahrtverletzung ergeben, wenn nicht bereits die normalen Verkehrsabläufe ausreichen, die entsprechende Sicherheitsproblematik zu veranschaulichen. (Dabei muss selbstverständlich eine Verkehrsgefährdung ausgeschlossen sein.)

Neben einer Schulung der Gefahrenkognition und -bewältigung lassen sich in Verkehrssituationen, in denen verschiedene Verkehrsteilnehmer (konflikthaft) interagieren, Aspekte sozialen Lernens thematisieren. Dazu gehört das Verhalten einzelner gegenüber den Gruppenmitgliedern sowie das Verhalten gegenüber anderen Verkehrsteilnehmern außerhalb der Gruppe.

Methoden – Umsetzung der Sicherheitstour

Die Umsetzung der beschriebenen Inhalte erfolgt während einer Gruppenausfahrt über eine weitgehend festgelegte Strecke. Die vorbereitende Planung betrifft sowohl die Fahrtroute als auch eingestreute Haltepunkte. Streckenabschnitt und zugeordneter Haltepunkt bilden eine „Station“ der Sicherheitstour. An jeder Station werden in Theorie und Praxis bestimmte Themen behandelt, Aufgaben gestellt oder Effekte inszeniert, entsprechend den Intentionen der Sicherheitstour.

Zentrale methodische Verfahren sind die Selbst- und Fremdbeobachtung, mit denen das gezeigte Verhalten bewusst gemacht wird. Zur Steuerung der Beobachtungen werden Aufgaben gestellt, wie zum Beispiel:

Sehen und gesehen werden

- Was beeinflusst die eigene Wahrnehmung? (positiv oder negativ)
- Von wem wurden wir vermutlich nicht (rechtzeitig) erkannt?

Fahrbahnbelag

- Welche Fahrbahnbeläge bergen wann eine besondere Rutschgefahr?
- Was finden wir alles auf der Fahrbahn, das uns gefährlich werden kann?

Fahrbahnverlauf

- Bei welchen Kurven lässt sich der Verlauf schlecht einschätzen?
- In welchen Kurven ist eine „Flucht ins Gelände“ möglich, in welchen nicht?
- Welche Schräglagenreserven haben wir in den Kurven?

Fahrzeuge im Querverkehr

- Wann müssen wir damit rechnen, dass der Querverkehr nicht hält, also Kollisionsgefahr besteht?
- Wie gut gelingt der „Blickkontakt“ zum Querverkehr?

Fahrzeuge im Längsverkehr

- Wann überholen wir – wann werden wir überholt?
- Wann bin ich während eines Überholvorgangs im „toten Winkel“?
- Wie häufig werden Kurven von entgegen kommenden Fahrzeugen geschnitten?

Nicht-motorisierte Verkehrsteilnehmer

- Welche nicht motorisierten Verkehrsteilnehmer bewegen sich mit uns auf der Fahrbahn?
- Wie gut gelingt es zu erkennen, was sie vorhaben?

Fahren in der Gruppe

- Welche Störungen treten auf?
- Welche Regeln werden für die Gruppenfahrt vereinbart?
- Werden die Regeln eingehalten?
- Wie verhält sich der Vorfahrende?

Verkehrszeichen und -regeln

- Auf welche Gefahren weisen Verkehrszeichen (Gefahrzeichen) hin?
- Wo finden wir Geschwindigkeitsbeschränkungen?
- Sind diese Verkehrszeichen und -regeln ausreichend und sinnvoll?
- Wovon hängt es ab, wie großzügig ich die Regeln auslege?

Zur Unterstützung der (subjektiven) Beobachtungen dienen objektive Rückmeldungen mittels Videosequenzen. Diese werden vom Kursleiter während der Fahrt aufgezeichnet und mit der Gruppe an den

Stationen oder im Seminarraum (Hotel) betrachtet, wenn dies für die Auswertung einer Situation erforderlich ist.

Bei diesen Feedback-Gesprächen und Diskussionen sollen die Betroffenen nicht „belehrt“ oder ein normiertes (Sicherheits-)Verhalten verabsolutiert werden. Von pädagogischem Wert ist es, wenn „nur“ die unterschiedlichen Sichtweisen von Akteuren und Beobachtern dargestellt und abgeglichen werden, insbesondere zur Einschätzung von „Sicherheitsreserven“. Wie stets in der Erwachsenenpädagogik wird die Wirksamkeit der Auswertungsgespräche und allgemein der Sicherheitstour ganz entscheidend von der Person des Kursleiters beeinflusst. Er muss nicht nur Motorrad- und Verkehrsfachmann sein, sondern auch mit didaktischen und pädagogischen Grundlagen der Erwachsenenbildung vertraut sein und sie umsetzen können.

Wenn irgend möglich hat der Kursleiter die Gruppe in die Verantwortung für die Sicherheitstour einzubinden. Er selbst zeichnet in erster Linie verantwortlich für die Tourvorbereitung und -organisation, übernimmt aber bei der Durchführung der Sicherheitstour überwiegend die Rollen eines teilnehmenden Beobachters, Animateurs und Moderators – nicht die Rolle des (all- und besser wissenden) Experten für Verkehrssicherheit.

Stationen der Sicherheitstour

An jeder Station der Sicherheitstour wird die Aufmerksamkeit auf einen speziellen Themenschwerpunkt oder eine Problemstellung fokussiert. Dazu erhalten die Teilnehmer spezielle, auf die Station bezogene Aufgaben und Hinweise. Hinzu kommen permanente Beobachtungsaufgaben, etwa zum Verhalten in der Gruppe, die bei konkreten Anlässen thematisiert werden.

Für alle Haltepunkte an den Stationen gilt, dass sie einen sicheren Platz für die Teilnehmer und ihre Motorräder bieten müssen. Die Haltepunkte sollten sich nicht nur für Beobachtung und Gespräch eignen, sondern auch für Pausen.

Die folgende Kurzbeschreibung betrifft mögliche Stationen, die entsprechend den vorgefundenen Bedingungen des Verkehrsraums und den Voraussetzungen der Teilnehmer ausgewählt und konkretisiert werden müssen.

Station: unbefestigte Straßen

Strecke: verschmutzte oder unbefestigte Straßen/Wege, die für den öffentlichen Verkehr freigegeben sind (Schotter-, Sandwege)

Ziele: „Fahrbahnlesen“ – das Gefahrenpotenzial kennen und einschätzen können, das von unterschiedlichen Fahrbahnbelägen ausgeht; Fahrzeugbeherrschung verfeinern, Selbstvertrauen aufbauen.

Station: Kurven

Strecke: kurvenreiche Strecke; Kurven mit unterschiedlichen Radien, die unterschiedlich gute Einsicht in den Kurvenverlauf ermöglichen, „Hundekurven“

Ziele: Fahrzeugbeherrschung verfeinern; die Fahrlinie kennen und einnehmen, die größtmögliche Reserve bei Überraschungen lässt (Glätte, Hindernis); Gefahren in Kurven bewältigen können; auf Sichtweite/halber Sichtweite anhalten können; Phasierung und Anpassung der Geschwindigkeit regulierenden Handlungen an den Kurvenverlauf.

Station: Geradeausstrecken

Strecke: übersichtlich, geringes Verkehrsaufkommen; keine Hindernisse (Bäume) direkt am Fahrbahnrand; Fahrbahn mit (optischen) Veränderungen im Belag (Ausbesserungen, Bitumenstreifen, Gullydeckel ...)

Ziele: Anwendung der Notmanöver Bremsen und/oder Ausweichen bei Landstraßentempo; Verfeinerung von Schwung- und Bewegungsgefühl; erleben der Bedeutung kognitiver Prozesse (Wahrnehmen, Erkennen, Entscheiden) für die Gefahrenbewältigung.

Station: Langsamfahren, Wenden

Strecke: schmale Straße (ca. 4-5 m breit), die ein Wenden in einem Zug nicht erlaubt; Strecke mit Steigung/Gefälle

Ziele: Möglichkeiten sicheren Wendens im Straßenverkehr kennen; Orientierungs- und Planungshilfen kennen, die ein Verirren verhindern; sichere Fahrmanöver auf engem Raum bei langsamer Fahrt ausführen können.

Station: Schwunggefühl

Strecke: Passabfahrt (starkes Gefälle), kurvenreich

Ziele: Rollenlassen des Motorrad (Motor aus), Bedeutung des „Stützgases“ erfahren; Stabilisierung des Gleichgewichts in Schräglage verfeinern; Schwunggefühl entwickeln.

Station: Flucht ins Gelände

Strecke: Kurve mit Auslauf (Feldweg, Wiese), der ohne versteckte Hindernisse (Furchen ...) ist

Ziele: Fahrzeugbeherrschung verfeinern; die Situationen kennen, die für das Notmanöver sprechen; Schulung der Blickführung (Fluchtweg/Lücke erkennen).

Station: Abstandsverhalten (Sicherheitsabstand)

Strecke: geradeaus, übersichtlich, kein Verkehr, keine Hindernisse (Bäume) direkt am Fahrbahnrand

Ziele: Einschätzen können, welcher Sicherheitsabstand erforderlich ist, wenn der Vorausfahrende eine Gefahrbremung durchführt; das eigene Abstandsverhalten reflektieren und ggf. korrigieren

Station: Sehen und gesehen werden

Strecke: Walddurchfahrt, wechselnde Lichtverhältnisse (Licht, Schatten), tief stehende Sonne oder unübersichtliche Kreuzung

Ziele: Wahrnehmungsprobleme erfahren, die durch geringe Auffälligkeit (Farbe, Silhouette) und besondere Lichtverhältnisse entstehen; Möglichkeiten kennen, besser erkennbar zu fahren; tote Winkel vermeiden.

Station: Unfall

Strecke: wenig befahrene Straße, ausreichend Platz für die Simulation eines Unfalls

Ziele: Kennen und Anwenden der richtigen Maßnahmen bei einem Verkehrsunfall einschließlich der medizinischen Sofortmaßnahmen am Unfallort bei verunfallten Motorradfahrern (Helm abnehmen).

Station: Verhalten in unklarer Verkehrssituation (Querverkehr)

Strecke: Kreuzungen, Einmündungen, Ausfahrten, Linksabbieger (ggf. inszenierte Vorfahrt-/Vorrangverletzung)

Ziele: Vertrauens- und Misstrauensgrundsätze diskutieren; damit rechnen, dass ein Wartepflichtiger im Quer- oder Abbiegeverkehr losfährt und Vorrang oder Vorfahrt des anderen missachtet; Signale für ein solches Fehlverhalten rechtzeitig erkennen und angemessen darauf reagieren; eine sicherheitsorientierte Fahrstrategie entwickeln und erproben.

Station: Verhalten in unklarer Verkehrssituation (Längsverkehr)

Strecke innerorts: parkende Fahrzeuge in Längsrichtung am Fahrbahnrand (ggf. inszenierte Vorrangverletzung/Gefährdung durch Türöffnen); **außerorts:** überholen und überholt werden

Ziele: damit rechnen, dass vom ruhenden und fließenden Längsverkehr Gefahren ausgehen können; Anzeichen für solche Gefährdungen rechtzeitig erkennen und angemessen darauf reagieren; die eigenen Überholabsicht kritisch hinterfragen: „Darf ich – kann ich – muss ich überholen?“; wissen, welche „toten Winkel“ ein Pkw besitzt und dies beim Überholen berücksichtigen.

Station: Anhalteweg = Sichtstrecke?

Strecke: scharfe, unübersichtliche Kurve außerorts

Ziele: innerhalb der überschaubaren Strecke in der Kurve anhalten können, bei schmaler Straße innerhalb der Hälfte der überschaubaren Strecke; alternatives Notmanöver zum Anhalten erproben: Bremsen und Ausweichen (rechts ranfahren); Bedeutung der Geschwindigkeitswahl für den Anhalteweg erfahren.

Verlaufsplanung Sicherheitstour (Muster)

1. Tag

9.00 h	Treffpunkt: Seminarhotel Begrüßung, Vorstellungsrunde Informationen zur Sicherheitstour Erklärung zum Haftungsausschluss Beobachtungsaufgaben (als Partnerarbeit) Kartenmaterial - Fahrstrecke
11.00 h	2. Frühstück (brunch)
11.30 h	Ausfahrt in 2 Gruppen

Ablauf: Es werden verschiedene Stationen angefahren. Die Führungsaufgabe übernimmt der avp-Trainer. An jeder Station wird ein spezielles Thema in Theorie und Praxis bearbeitet.

ca. 18.00 h	Ankunft Hotel
18.30 h	kurze Auswertung der Tour (Video), Vorbereitung des 2. Tages
anschließend:	gemeinsames Abendessen (Einladung durch die BBG), „Benzingespräche“

2. Tag

08.30 h Start vom Hotel

Ausfahrt in 2 Gruppen mit Führungswechsel (jeder Teilnehmer fährt eine Teilstrecke vorn.) Foto- und Videoaufnahmen von „Gefahrsituationen“.

Aufgabe für den Führenden:

- Führung der Gruppe zum nächsten Wechsellpunkt
- Einhaltung der Gruppenregeln
- Bremsbereitschaft bei möglicher Kollisionsgefahr (Aufleuchtenlassen des Bremslichts)

Mittagessen (unterwegs)

ca. 14.00 h	Rückkehr in das Seminarhotel, Auswertung der Sicherheitstour mit Protokoll der Beobachtungsaufgaben und Videofeedback
ca. 16.30 h	Abschluss, Verabschiedung

Fazit

Der Autor begleitete in den vergangenen fünf Jahren rund 30 Sicherheitstouren. Sein persönliches Ergebnis lautet: Die Motorrad-Sicherheitstour bietet vielfältige Möglichkeiten zur verkehrspädagogischen Weiterbildung von Motorradfahrern. Der freizeitorientierte Rahmen einer 2-tägigen Motorradausfahrt mit gemeinsamer Übernachtung sichert Akzeptanz und Motivation zur praktischen und theoretischen Auseinandersetzung mit Fragen des sicheren Motorradfahrens. Für die Kursleitung bringt der freizeitorientierte Rahmen die Anforderung mit, eine zielorientierte, themenzentrierte Seminararbeit mit „benzin- und biergetränkten Stammtischgesprächen“ zu verbinden oder voneinander abzugrenzen. Solche Gesprächsrunden markierten am Ende des ersten Tages regelmäßig den Übergang vom Seminar in die Freizeit.

Eine besondere Herausforderung und Verantwortung liegt in der Auswahl der „Stationen“ einer Sicherheitstour und der Inszenierung von Lerneffekten im öffentlichen Straßenverkehr. Wir haben in der Regel auf spezielle Übungen, beispielsweise zur Durchführung eines Notmanövers in der Kurve, verzichtet. Das war Thema des vorangegangenen Sicherheitstrainings und wurde allenfalls auf einem abgelegenen Parkplatz noch einmal aufgefrischt. Aber schon das „normale“ Kurvenfahren, etwa das Durchfahren auf der vorher besprochenen Sicherheitslinie, brachte kritische Momente mit sich, sei es in der der Kurve selbst oder beim Wendemanöver nach dem Durchfahren der Kurve.

Mitursächlich an diesen kritischen Momenten waren vermutlich auch die Videoaufnahmen, die von der Fahrt gemacht wurden und die offenbar die Teilnehmer besonders unter Druck setzten, alles möglichst perfekt zu machen. Der Sinn und die Gefahren der Videoaufnahme müssen deshalb besonders hervorgehoben werden, zumindest wenn die Teilnehmer wissen, dass sie gefilmt werden.

Zur verbesserten Einbindung von Feedback- und Dokumentationsmethoden nutzen wir seit kurzem nicht nur eine am Helm montierte Videokamera, sondern auch eine am Motorrad montierte digitale Fotokamera, die während der Fahrt per Fernauslöser betätigt werden kann. Der Teilnehmer erhält die Aufgabe, „Gefahren im Ansatz zu fotografieren“. Die heutigen Möglichkeiten zur Auswahl und Betrachtung per Computer bilden die Voraussetzung zur Einbindung in den – zeitlich engen – Verlaufsplan der Veranstaltung.

Zur Beurteilung der verkehrspädagogischen Wirkungen der Sicherheitstour mit der obersten Zielsetzung, Verkehrsunfälle zu vermeiden, liegen uns keine harten Fakten vor. Hier wäre eine statistisch signifikante Beweisführung sicherlich nur schwer machbar. Die Rückmeldungen der Teilnehmer und unsere eigenen Einschätzungen zur Wirkung der Sicherheitstour sind aber insgesamt sehr positiv.

Die enge Koppelung von Theorie und Praxis sicheren Motorradfahrens im realen Straßenverkehr und der nicht-normative pädagogische Ansatz eines kollegialen Erfahrungsaustausches werden von allen Beteiligten lobend hervorgehoben.

Die Sicherheitstour bildet nach unserer Auffassung eine notwendige Ergänzung zum Sicherheitstraining und bietet verkehrspädagogisches Potenzial nicht nur für die Motorradfahrer. Speziell für junge Autofahrer könnte eine modifizierte „Auto-Sicherheitstour“ eine weiterbildende Maßnahme sein, die vermutlich mehr Akzeptanz findet als die heute praktizierten freiwilligen Fortbildungsseminare für Fahranfänger.

**Die Lücke schließen – Zusammenarbeit zwischen MSF, USA
und ADAC, DE zugunsten von Motorradfahrern bei der
US-Armee in Europa**

**Bridging the Gap – A Cooperation between MSF, USA and
ADAC, GE for the Benefit of Motorcyclists of the United States
Army in Europe**

**Combler la lacune – Une Coopération entre MSF, USA et
ADAC, AL au bénéfice des Motocyclistes de L'Armée des Etats
Unis en Europe**

Ralf Mueller-Wiesensfarth, ADAC, Fahrsicherheitszentrum Hockenheim

Dr. Ray Ochs, MSF (USA)

Wolfgang Rieth & Bob McGaffin, US Army Europe (USAEUR)

Kurzfassung

Hintergrund

Im August 2001 wurde eine wesentliche Neuerung zur Dienstvorschrift 190-1 (Registrierung und Betrieb von Privatkraftfahrzeugen in Deutschland) veröffentlicht. Im Rahmen dieser Änderung wurden Anforderungen des US-Verteidigungsministeriums (Department of Defense Instructions/DODI 6055.4) in der Vorschrift berücksichtigt, zu denen auch die Aufnahme von zwei Motorradsicherheitstrainings (Basic RiderCourse/BRC und Experienced RiderCourse/ERC) der Motorcycle Safety Foundation (MSF) gehört. Diese sollen die bereits vorhandenen theoretischen (Multiple-Choice) und praktischen Fahrprüfungen ergänzen.

Da zusätzliche Trainingsressourcen zur Einführung neuer Trainingsanforderungen für die US-Armee in Europa nicht ausreichten, hat IMA-EUR mit beträchtlichem Aufwand an Personal und Finanzen die notwendigen Dienstleistungen und Trainingsressourcen bereitgestellt, um die zusätzlichen Trainingsanforderungen zu erfüllen.

Aufgrund mehrerer Ursachen – ständiger Personalwechsel und der daraus resultierende Verlust von organisationseigenen Fahrlehrern mit MSF-Qualifikation (RiderCoaches), begrenzter Platz für spezielle, von der MSF genehmigte Sicherheitstrainingsstrecken innerhalb militärischer Einrichtungen, Truppenabzug der US-Streitkräfte, Standortschließungen und Umstationierungen – war die Entwicklung eines Alternativplans erforderlich, um zukünftige adäquate Trainingsmöglichkeiten zu gewährleisten.

Zu diesem Zweck hat die US-Armee in Europa im Jahr 2004 im Rahmen der 5. Internationalen Motorradkonferenz in München eine Initiative vorgestellt. Vertreter der MSF, der US-Armee und des ADAC haben sich zusammengesetzt, um die Möglichkeit eines Partnerschaftsabkommens zwischen den Organisationen auszuloten, von dem die Motorradfahrer bei den in Europa stationierten US-Streitkräften durch fortgeschrittenes, praxisbezogenes Training profitieren sollen.

Mit dem Ziel dieser offiziellen Partnerschaft vor Augen wurde eine Arbeitsgruppe mit Vertretern des ADAC, der MSF und der US-Armee gebildet, besetzt mit Soldaten, Zivilangestellten des US-Heeresministeriums, ortsansässigen Arbeitnehmern der US-Armee und der US-Luftstreitkräfte in Europa. Diese Arbeitsgruppe hatte die Aufgabe, ein neues Modul für ein von der MSF anerkanntes Motorradsicherheitstraining zu erarbeiten. Das Motorradsicherheitstraining sollte die Bedürfnisse der US-Militärangehörigen und Familienmitglieder ansprechen, damit sie das Motorradfahren in Europa sicher genießen können.

Trainingsmodul Europa

Als Ergänzung zu dem Programm MSF ERC Skills Plus ist ein Europa-Modul entwickelt worden. Der MSF Experienced Skills Plus RiderCourse wurde ergänzt, um speziellen Themen Rechnung zu tragen und um spezifische Trainingsbereiche und Erfahrungen anzusprechen.

Das ERC Europa-Modul ist so aufgebaut, dass es das ERC-Training der MSF verbessert und die Lücke zwischen dem ERC-Training und dem ADAC Motorrad-Aufbau-Training schließt. Das Hauptziel des Modulkonzepts war die intensivere Einbeziehung von mentalen und technischen Fähigkeiten und Verhaltensweisen als Komponenten sicheren Motorradfahrens, damit die Vorteile des ADAC Motorrad-Aufbau-Trainings für passionierte Sportfahrer voll genutzt werden können. Bei dem MSF ERC handelt es sich zwar um ein für seine Zwecke ausgezeichnetes Produkt, das jedoch aufgrund der räumlichen Vorgaben einer Standard-MSF-Trainingsstrecke im Hinblick auf zulässige Geschwindigkeiten begrenzt ist. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit für erfahrene Fahrer ist auf ca. 45 km/h begrenzt, was in vielen Fällen für eine Simulation der schnelleren Fahrgeschwindigkeit innerhalb und außerhalb geschlossener Ortschaften in Europa nicht ausreichend ist. Die Teilnahme an dem Europa-Modul wird Motorradfahrern dabei helfen, den größtmöglichen Nutzen und Spaß aus den Erfahrungen der ADAC-Kurse und -Übungen, die bei höherer Fahrgeschwindigkeit durchgeführt werden, zu ziehen.

Der Trainingsplan für das Europa-Modul ist mit folgenden Vorgaben erarbeitet worden:

- 1) Einbeziehung höherer Geschwindigkeiten, um die Fahrkenntnisse optimal zu erweitern und die Verkehrsverhältnisse im tagtäglichen Straßenverkehr realistischer widerzuspiegeln
- 2) Einbeziehung der Hauptursachen für Motorradunfälle bei amerikanischen Fahrern in Europa – falsches Kurvenverhalten, unsachgemäßes Bremsen, falsches Einschätzen von Geschwindigkeit und Entfernung bei Überholmanövern
- 3) Teilnehmer-Ausbilder-Verhältnis von 6:1
- 4) Zeitrahmen von 4 Stunden
- 5) Ausschöpfung der Mindestdauer des Trainings
- 6) Nahtlose Integration mit dem bestehenden ADAC-Trainingsprogramm.

MSF erkennt die Vorzüge der ADAC-Programme, die auf reale Geschwindigkeit ausgelegt sind, damit die Fähigkeiten und mentalen Abläufe mit realistischem Feedback und der Weiterentwicklung der Fahrkenntnisse einhergehen. MSF-Übungen sind aufgrund räumlicher Begrenzungen bei den meisten Streckenbetreibern in den Vereinigten Staaten eingeschränkt. Eine Standard-Trainingsstrecke hat 33,3 x 66,5 m, mit den entsprechenden Sicherheitszonen auf allen Seiten. Die Kurse BRC und ERC sind für diese Maße angelegt und außerordentlich effektiv. Im Vergleich dazu findet das ADAC-Training auf einem relativ großen, offenen Gelände statt, wobei es in vielen Fällen kontrollierte Bereiche gibt, die

zusammen mit ADAC-Pkw-Aufbau-Trainings genutzt werden. Das freie Gelände dieser Einrichtungen ermöglicht Fahrtraining bei realistischer Verkehrsgeschwindigkeit. Der Motorradfahrer kann die neu gelernten Fähigkeiten ohne die unvermeidlichen Probleme umsetzen, die immer dann auftauchen, wenn man Fähigkeiten, die bei geringer Geschwindigkeit geübt wurden, bei höherer Geschwindigkeit und höherem Verkehrsaufkommen umsetzen soll. Die Vorteile der größtmöglichen realen Geschwindigkeitsverhältnisse, ohne Vermittlung eines übersteigerten Selbstvertrauens, sind offensichtlich und für die Motorradfahrer von Nutzen.

Umsetzung

Derzeit werden MSF-Kurse an mehreren US-Militärstandorten in Europa angeboten. Ein Vorteil vieler dieser Einrichtungen sind die vorhandenen großen, wenig oder gar nicht mehr genutzten Flugplätze und militärischen Trainingsgelände. Das Europa-Modul ist für die Nutzung dieser Gelände, soweit vorhanden, ausgelegt. Sie bieten die Möglichkeit, höhere Geschwindigkeiten zuzulassen, so dass genaueres Fahrkönnen und mentale Prozesse besser geübt werden können. Unter Berücksichtigung der Einrichtungen, die keinen Zugang zu großflächigen Trainingsstrecken haben, können zwei der Übungen auf den MSF-Standardtrainingsstrecken bei geringerer Geschwindigkeit durchgeführt werden, wobei jedoch trotzdem die wesentlichen Fähigkeiten erlernt werden können. Die dritte Übung erfordert eine Fläche von 500 mal 20 m, um die erforderliche Geschwindigkeit zu erreichen.

Die letzten Treffen zur Ausarbeitung des Konzepts für das Europa-Modul fanden im Mai 2006 während der Army in Europe Tri-Service Safety Conference in Sonthofen statt. Dort wurden die Erfordernisse für die konkrete Umsetzung wie folgt diskutiert und vereinbart.

Die abschließende Ausarbeitung der Übungen fand im Sommer 2006 mit Unterstützung des ADAC und der US-Armee in Europa statt. Das RiderCoach-Training wird zu Beginn des Frühjahrs 2007 stattfinden und die eigentlichen Kurse sollen im Sommer 2007 vorgestellt werden.

MSF und ADAC werden während der 6. Internationalen Motorradkonferenz in Köln ein Partnerschaftsabkommen unterzeichnen. MSF wird sich bereit erklären, die Teilnahme an ausgewählten ADAC-Kursen für vorgeschriebene MSF-Kurse anzuerkennen, und die Ausstellung von MSF-Rider-Zertifikaten an Soldaten der US-Armee in Europa und Familienmitglieder im Rahmen feststehender Standards zuzulassen.

MSF RiderCoach-Trainer der US-Armee in Europa mit entsprechender Qualifikation sollen ein überarbeitetes Training für RiderCoaches mit MSF-Qualifikation in Europa durchführen, damit diese das neue Europa-Modul von ERC Skills Plus anwenden können. MSF und ADAC werden gemeinsame

Trainingsinitiativen für Ausbilder einführen. Die US-Armee in Europa wird diese Initiative weiterhin unterstützen – zum Wohle der Militärangehörigen und Familienmitglieder sowie der US-Regierungsangestellten in Europa.

Von dieser Zusammenarbeit werden die Motorradfahrer profitieren, da die Ressourcen renommierter Organisationen für Sicherheitstrainings integriert werden. Motorradfahrer werden den größtmöglichen Nutzen aus dem Angebot an Sicherheitstrainings ziehen können und ihr grundlegendes Fahrkönnen durch mehr Wissen und größeres Bewusstsein, verbesserte technische Fähigkeiten und bessere mentale Strategien verbessern.

„Eine Lücke schließen – Zusammenarbeit zwischen MSF und ADAC zugunsten von Motorradfahrern bei der US-Armee in Europa“ fördert sicheres und verantwortungsbewusstes Fahrverhalten. Motorradfahrer werden Wege kennen lernen, um ihre Risikomanagementtechniken zu verbessern und die richtigen Entscheidungen für ihre Sicherheit zu treffen.

Abstract

Background

A major change to AER 190-1, Registering and Operating Privately Owned Motor Vehicles in Germany, was published in August 2001. The change incorporated Department of Defense Instructions (DODI) 6055.4 requirements that included the addition of Motorcycle Safety Foundation (MSF) Basic RiderCourse (BRC) and Experienced RiderCourse Suite (ERC) motorcycle safety training requirements to the already existing multiple-choice theoretical driving test and the practical proficiency test.

While additional training resources were not sufficient to implement new training requirements for the Army in Europe, IMA-EUR devoted considerable personnel and financial efforts to provide the necessary services and training resources to satisfy the additional training requirements.

Due to high personnel rotation rates resulting in a loss of internal MSF qualified RiderCoaches, limited space for dedicated MSF approved motorcycle safety ranges on military installations, US Forces drawdown, base closures and re-stationing activities, the development of a contingency plan was required to ensure adequate future training resources.

For this purpose an initiative was tabled by the US Army in Europe at the 5th International Motorcycle Safety Conference in Munich, 2004. Representatives from MSF, US Army and ADAC, GE joined at a meeting with the intent to explore the feasibility of establishing a partnership agreement between the organizations benefiting the motorcycle operators of the US military in Europe with relevant, advanced training.

Within the goal to form a partnership agreement, a working group was established consisting of ADAC Germany; MSF, and the US Army consisting of Soldiers, Department of the Army Civilians, Local National employees of the US Army in Europe, and United States Air Force Europe. The task was to develop a new Motorcycle Safety Training Module, endorsed by the MSF and reflecting the training needs of the US Army Soldiers, Airmen and dependents to ensure a safe motorcycling experience in Europe.

European training module

A “European Module” was developed as a supplement to the MSF ERC “Skills Plus” program. The MSF Experienced Skills Plus RiderCourse was designed to accommodate special topics and be customized to address specialized training topics and experiences.

The ERC “European module” is designed to enhance the MSF ERC training and to create a ‘skill bridge’ between the MSF ERC and the ADAC advanced motorcycle skills course. To more deeply address the mental, physical and attitudinal components of safe riding skills to fully realize the benefits of the ADAC advanced operator course for enthusiastic sport bike riders was the primary goal of the module concept. The MSF ERC, while an excellent product for its intended purpose, is limited in speeds attainable by the set confines of the standard MSF range. The maximum safe speeds that can be attained by skilled riders are limited to approximately 45 kph, which in many cases does not simulate higher-speed urban and suburban speeds in Europe. Completion of the European Module will help riders gain the maximum benefit and enjoyment from experiences included in the ADAC programs and exercises, which are conducted at higher speeds.

The European module curriculum was developed with the following guidelines:

- 1) Incorporate increased speeds to maximize skill refinement and more closely replicate conditions encountered during real-world everyday riding
- 2) Address the leading causes of American motorcycle operator crashes in Europe – failure to negotiate curves – improper use of brakes – failure to judge speed and distance in passing situations
- 3) Use a 6:1 student to instructor ratio
- 4) Have a 4 hour time frame
- 5) Use minimum course setup time
- 6) Integrate smoothly with existing ADAC curricula.

MSF recognizes the benefits of the ADAC programs in that they are designed to run at highway speeds, which allow skill and mental development to occur with realistic motor skills feedback and development. MSF exercises are limited in scope by virtue of property area limitations experienced by most course sponsors in the United States. The standard training range is 33.3 meters by 66.5 meters with adequate safety zones on all sides. The BRC and ERC courses were developed based on these size restrictions and are admirable in their effectiveness. Compare that with ADAC training sites that utilize relatively vast open areas and in many cases share controlled traction areas with ADAC advanced automobile training programs. The unobstructed areas of these facilities enable skill exercises to be conducted at realistic highway speeds. The operator is able to execute newly developed skills without the inevitable learning curve associated with transferring lower speed riding skills to

higher speeds in high traffic densities. The benefits of duplicating speed conditions to the greatest possible extent, without instilling overconfidence, are obvious, and the motorcycle operator is the beneficiary.

Implementation

Currently, MSF curriculums are offered on various US Military reservations in Europe. An advantage shared by many of these installations is the availability of large, little-used or abandoned, airfields and tactical training facilities. The European module is designed to utilize these areas when available, allowing increased speeds, hence, increased fine motor skill and mental development. Respecting the limitations imposed at facilities not having access to large training areas, two of the exercises can be conducted within the framework of an MSF standard sized range, while still developing important skills. The third exercise requires a 500 meter by 20 meter surface to attain appropriate speeds.

Final concept meetings for the “Europe Module” were held on the occasion of the Army in Europe TRI SERVICE SAFETY Conference in Sonthofen, GE in May 2006. Implementation requirements were discussed and agreed upon as indicated in following schedule.

Final exercise development will take place during the summer months of 2006 with assistance from ADAC and the US Army in Europe. RiderCoach training will occur in the early spring of 2007 with course introduction occurring in the summer of 2007.

MSF, USA and ADAC, Germany are to sign a partnership agreement at the 6th International Motorcycle Conference in Cologne, Germany. MSF will agree to recognize completion of select ADAC courses for MSF course completion requirements, and authorize within agreed upon standards the issuance of MSF Rider Certification to the Soldiers and Dependents of the United States Army in Europe.

US Army in Europe qualified MSF Rider Coach Trainers are to provide update training to the MSF qualified Rider Coaches in Europe to carry out the new ERC Skills Plus – European Module. Joint train-the-trainer initiatives will be implemented between MSF and ADAC. US Army Europe to further continue to support this initiative to the benefit of the Soldiers, Airmen, Sailors and their dependents along with US Government Civilian personnel stationed in Europe.

This collaboration will benefit motorcyclists by integrating the resources of renowned safety training organizations. Riders will be able to take full advantage of the safety training opportunities and refine

their fundamental motorcycle riding skills with increased knowledge and awareness, more fully developed physical skills, as well as improved mental strategies.

“Bridging a Gap – A Cooperation between MSF, USA and ADAC, GE for the Benefit of Motorcyclists of the United States Army in Europe” will foster safe and responsible riding practices. Riders will be exposed to ways to improve their risk management techniques and make appropriate choices to remain safe.

Résumé

Contexte

Une modification majeure de l'AER 190-1, Enregistrement et Conduite de Véhicules à moteur Privés en Allemagne, publié en Aout 2001. La modification intègre les exigences d'Instructions du Département de la Défense (DODI) 6055.4, en ce compris l'ajout d'exigences supplémentaires avec un cours de base (BRC : Basic RiderCourse) et un cours pour les conducteurs expérimentés (ERC : Experienced RiderCourse) organisés par la Fondation pour la Sécurité des Motocyclistes (MSF) aux tests de conduites déjà existants: le théorique à choix multiple et le pratique lié à la compétence technique.

Alors que les ressources en formation supplémentaires n'étaient pas suffisantes pour mettre en place les nouvelles exigences de formation pour l'Armée en Europe, IMA-EUR consacra des efforts considérables de personnel et de finances pour fournir les services nécessaires et les ressources en formation permettant de répondre aux exigences supplémentaires de formation.

De part le taux élevé de rotation du personnel engendrant une perte de moniteurs internes de conduite qualifiés MSF, l'espace limité pour des circuits de formation approuvés par MSF sur des installations militaires, la réduction des Forces US, les fermetures de base et le repositionnement des activités, le développement d'un plan de support a été nécessaire pour garantir les ressources en formation futures.

A cette fin, une initiative a été prise par l'Armée US en Europe à la 5eme Conférence Internationale de Sécurité pour la Moto à Munich en 2004. Des Représentants de MSF, de l'Armée US et ADAC, AL se sont réunis afin d'explorer la faisabilité d'un accord de coopération entre les organisations gratifiant les conducteurs de moto faisant partie de l'Armée US en Europe d'une formation adaptée et de perfectionnement.

Dans le but de former un accord de coopération, un groupe de travail a été mis en place avec l'ADAC Allemagne; MSF, et l'Armée US représentée par des Soldats, des civils américains, des civils de la nation hôte employés par l'Armée US en Europe, et l'Air Force des Etats Unis en Europe. Le but était de développer un nouveau module de Formation lié à la sécurité de la conduite à Moto, pris en charge par MSF et reflétant les besoins en formation des Soldats de l'Armée US, Les pilotes et autres acteurs afin d'assurer une expérience de conduite en moto en toute sécurité en Europe.

Module de formation Europeen

Un “Module Européen” a été développé en complément au programme MSF ERC “Compétences Plus”. Le cours pour conducteurs expérimentés avec compétences Plus de MSF a été construit pour répondre à certains aspects spécialisés de formation et d’expériences.

Le “ module Européen” ERC est construit pour perfectionner la formation MSF ERC et créer un ‘pont de compétence’ entre le cours MSF ERC et le cours avancé des compétences de conduite de moto ADAC. Atteindre plus profondément les composantes mentales, physiques et comportementales des compétences de conduite en sécurité et ainsi profiter pleinement des bénéfices du cours avancé pour conducteur d’ADAC avec une conduite sportive en moto étaient le premier objectif de concept du module. Le ERC MSF, bien qu’il s’agisse d’un excellent produit pour l’objectif fixé, est limité dans la vitesse qu’il est possible d’atteindre par la limitation de la zone standard d’exercice MSF. La vitesse maximale de sécurité qu’un conducteur expérimenté peut atteindre est limitée à environ 45 kph, laquelle dans de nombreux cas ne simule pas la haute-vitesse urbaine et de banlieue en Europe. L’achèvement du Module Européen aidera les conducteurs à profiter au maximum du bénéfice et du plaisir des expériences incluses dans les programmes et les exercices de l’ADAC, qui sont réalisées à haute vitesse.

Le cours relative au module Européen a été développé en tenant compte des directives suivantes:

- 1) Ajouter des vitesses plus élevées pour maximaliser l’enrichissement des compétences et reproduire plus fidèlement les conditions rencontrées durant la conduite réelle de tous les jours.
- 2) Traiter les causes principales d’accident pour les conducteurs Américains de moto en Europe – défaut dans la façon de négocier les virages – mauvaises utilisations des freins – défaut de jugement de la vitesse et de la distance lors des dépassements
- 3) Utiliser un rapport 6:1 étudiant instructeur
- 4) Avoir un espace de temps de 4 heures
- 5) Utiliser le moins de temps possible pour la mise en place du cours
- 6) S’intégrer facilement dans les cours existants de l’ADAC

MSF reconnaît les bénéfices des programmes de l’ADAC dans la mesure où ils intègrent une allure adaptée aux vitesses de la route, ce qui permet un développement des compétences et du mental pour une réponse adaptée à la situation réelle et au développement. Les exercices de MSF sont limités en importance suite à l’exiguïté des circuits de formation rencontrés par la plupart des cours parrainés aux Etats Unis. La zone d’entraînement standard est de 33.3 mètres par 66.5 mètres avec zones de sécurité adaptées sur tous les côtés. Les cours BRC et ERC ont été développés sur base de ces limitations de taille et sont admirables d’efficacité. En comparaison avec les sites d’entraînement de l’ADAC qui

utilisent des zones relativement ouvertes et dans beaucoup de cas partagent des zones de maîtrise à la tenue de route avec les programmes avancés de formation automobile de l'ADAC. Les zones libres de ces installations permettent d'exercer les compétences à des vitesses adaptées aux conditions réelles de la route. Le conducteur est capable d'expérimenter les nouvelles compétences acquises sans l'inévitable courbe d'apprentissage résultant du transfert des compétences de conduite à basse vitesse vers des compétences à plus grande vitesse dans une circulation dense. Les bénéfices de la reproduction des conditions de vitesse de manière plus précise, sans apprentissage de la témérité, sont évidents, et le conducteur de moto en est bénéficiaire.

Mise en place

A l'heure actuelle, les cours MSF sont offerts sur différentes zones Militaires US en Europe. Un avantage partagé par beaucoup de ces installations est la disponibilité d'un grand nombre peu utilisé ou abandonné de bases aériennes, et installations de formation tactique. Le module Européen est construit pour utiliser ces zones quand elles sont disponibles, elles permettent des vitesses augmentées, et delà, la bonne compétence moto et le développement mental sont accrus. Respectant les limitations imposées sur les installations n'ayant pas accès à de grandes zones d'entraînement, deux des exercices peuvent être réalisés dans le cadre d'un MSF de dimensions standards, tout en développant des compétences importantes. Le troisième exercice nécessite une surface de 500 mètres par 20 mètres pour atteindre les vitesses appropriées.

Les dernières réunions relatives au concept du "Module Europe" ont été tenues lors de la Conférence de l'Armée en Europe TRI SERVICE SAFETY à Sonthofen, AL en Mai 2006. Les exigences de mise en place ont été discutées et acceptées dans le schéma d'implantation suivant.

Le développement de l'exercice final prendra place au cours des mois d'été 2006 avec l'aide de l'ADAC et L'Armée US en Europe. La formation des instructeurs se déroulera au début du printemps 2007 avec le début des cours en été 2007.

MSF, USA et ADAC, l'Allemagne doivent signer un accord de coopération à la 6eme Conférence Internationale sur la Moto à Cologne, Allemagne. MSF acceptera de reconnaître l'achèvement des cours ADAC choisis pour les exigences d'achèvement de cours MSF, et autorise dans le cadre de ces normes admises, l'émission du certificat MSF à la conduite pour les Soldats et Dépendants de l'Armée de Etats-Unis en Europe.

Les formateurs d'instructeurs qualifiés MSF à la conduite dans l'Armée US en Europe doivent fournir une formation mise à jour aux instructeurs qualifiés MSF en Europe pour répondre aux nouvelles Compétences Plus du ERC – Module Européen.

Conjointement les initiatives formation du formateur seront mises en place entre MSF et ADAC.

US Army Europe continuera à promouvoir le support de cette initiative au bénéfice des Soldats, des Pilotes, des Marins et leurs associés avec le personnel civil du Gouvernement US bases en Europe.

Cette collaboration bénéficiera aux motocyclistes par l'intégration des ressources de structures reconnues de formation en sécurité. Les conducteurs seront capables de bénéficier de tous les avantages d'opportunités de formation en sécurité et de perfectionner leurs compétences de base avec une augmentation de leurs connaissances et de leur conscience, compétences physiques plus pleinement développées, aussi bien que l'amélioration des stratégies mentales.

“Comblant une lacune – Une coopération entre MSF, USA et ADAC, Allemagne au bénéfice des Motocyclistes de l'Armée des Etats Unis en Europe” qui favorisera des pratiques de conduite en sécurité et responsable. Les conducteurs seront amenés à explorer de nouvelles manières d'améliorer leurs techniques de gestion du risque et de faire des choix appropriés afin de rester sain et sauf.

Weiterentwicklung von Fahrsicherheitstrainings für Motorradfahrer anhand des Unfallgeschehens

Development of motorcycle rider trainings based on the accident occurrences

Evolution des stages de conduites pour motards basée sur l'accidentologie

Dipl.-Ing. Hubert Hübsch, José Gindt
Centre de Formation pour Conducteurs (CFC), Luxemburg

Kurzfassung

Seit dem 1. Juni 1995 ist die Teilnahme an einem Fahrsicherheitstraining für Führerscheineulinge der Klasse A1 (Motorrad) in Luxemburg gesetzlich vorgeschrieben. Eine eingehende Analyse sämtlicher polizeilich aufgenommenener Motorradunfälle mit Personenschäden der Jahre 2002 und 2003 auf den Straßen Luxemburgs soll zu einer Verifizierung beziehungsweise Anpassung der Kursinhalte der existierenden Fahrsicherheitstrainings führen.

Die Auswertung der polizeilichen Unfallberichte deckt auf, dass sich über 90% aller untersuchten Motorradunfälle in 6 typischen Situationen ereignen:

- Motorradunfall in Linkskurve (18% aller Unfälle)
- Linksabbiegendes Fahrzeug schneidet entgegenkommendes Motorrad (18% aller Unfälle)
- Motorrad kollidiert mit links abbiegendem Fahrzeug, gleiche Fahrtrichtung (17% aller Unfälle)
- Nicht vorfahrtberechtigtes Fahrzeug nimmt Motorrad die Vorfahrt (17% aller Unfälle)
- Motorradunfall in Rechtskurve (13% aller Unfälle)
- Auffahrunfall (9% aller Unfälle).

Die Kursinhalte der Fahrsicherheitstrainings für Motorradfahrer werden diesen Erkenntnissen angepasst, so dass Führerscheineulinge gezielt auf diese Gefahrensituationen vorbereitet werden.

Als „Nebenprodukt“ dieser Untersuchung entsteht die Sensibilisierungskampagne „Expect the Unexpected“:

- das Transportministerium verschickt ein entsprechendes Faltblatt an 14.000 Motorradeigentümer in Luxemburg
- Drei Kurzfilme machen im Fernsehen und auf den Kinoleinwänden auf die angesprochenen Gefahrensituationen aufmerksam.

Abstract

Since June 1st, 1995, a post-license safety training is mandatory for novice motorcycle riders in Luxembourg. A comprehensive analysis of all police reports on motorcycle accidents with bodily injuries from the years 2002 and 2003 on public roads in Luxembourg should acknowledge the content of these safety trainings respectively lead to an adaptation thereof.

The evaluation of the accident reports shows that more than 90% of all reported motorcycle accidents occurred in 6 typical situations:

- Motorcycle accident occurs in a left-turning curve (18% of all accidents)
- Left-turning vehicle cuts the way of a motorcycle approaching from the opposite direction (18% of all accidents)
- Motorcycle collides with left-turning vehicle, both vehicles travelling in the same direction (17 % of all accidents)
- Vehicle takes the right of way of a motorcycle (17% of all accidents)
- Motorcycle accident occurs in a right-turning curve (13% of all accidents)
- Rear-end collusion (9% of all accidents).

The content of the safety trainings is adapted to these findings so as to prepare novice riders for these hazardous situations.

As a „By-product“ to this analysis, the sensitivity campaign „Expect the Unexpected“ arises:

- The ministry of transport posts a flyer to 14.000 motorcycle owners in Luxembourg
- Three short spots on television and in movie theatres draw attention to these hazardous situations.

Résumé

Depuis le 1er juin 1995, la participation à un stage de conduite est prescrite par la loi luxembourgeoise pour tout nouvel détenteur de permis de conduire de la catégorie A (motocycle). Une analyse approfondie de tous les rapports de police sur les accidents avec dommages corporels impliquant des motocycles, des années 2002 et 2003, qui se sont produits sur les routes luxembourgeoises, devrait confirmer les contenus de ces cours ou alors mener à des adaptations de ces contenus.

La vérification des rapports d'accidents montre que plus de 90% des accidents analysés se produisent dans 6 situations typiques:

- Accident moto dans un virage à gauche (18% de tous les accidents)
- Refus de priorité d'un véhicule bifurquant à gauche au motard approchant en sens inverse (18% de tous les accidents)
- Accrochage avec un véhicule précédant le motard et virant à gauche (17% de tous les accidents)
- Non-respect de la priorité par un autre véhicule vis-à-vis du motard (17% de tous les accidents)
- Accident moto dans un virage à droite (13% de tous les accidents)
- Télescopage (9% de tous les accidents).

Les contenus des cours de conduite pour motards sont adaptés à ces découvertes afin de préparer les nouveaux détenteurs de permis de conduire à ces situations dangereuses.

La campagne de sensibilisation „Expect the Unexpected“ est née comme dérivé de cette analyse:

- Le ministère des transports a envoyé 14.000 dépliants informatifs aux propriétaires de motocycles
- Trois courts-métrages diffusés sur télévision et dans les cinémas sensibilisaient sur les situations dangereuses.

Weiterentwicklung von Fahrsicherheitstrainings für Motorradfahrer basierend auf dem Unfallgeschehen

Ich bedanke mich bei der Organisation dieser Konferenz, dass sie mir die Gelegenheit gibt, vor so vielen Motorradfahrern und Motorradspezialisten über die Weiterentwicklung des obligatorischen 2.-Phase-Motorradsicherheitstrainings in Luxemburg zu sprechen.

Seit dem 1. Juni 1995 ist die Teilnahme an einem eintägigen Fahrsicherheitstraining für Führerscheineulinge der Klasse A (Motorrad) in Luxemburg gesetzlich vorgeschrieben. Unsere Organisation beschäftigt sich seit über 10 Jahren unter anderem mit der Durchführung dieser Trainings. Die Führerscheineulinge nehmen mit ihrem eigenen Motorrad zwischen dem 3. und dem 24. Monat nach der Führerscheinprüfung am Training teil.

Kursinhalte bis 2004

Kursinhalte bis 2004	
Roter Faden: die Fähigkeiten der Teilnehmer verbessern	
• Theorie:	auf die Fahrtechnik fokussierter Vortrag
• Trial-Fahren:	gefühlvolles Handhaben von Gas und Kupplung im instabilen Bereich
• Slalom:	praktisches Anwenden des Lenkimpulses
• Kurvenfahrt:	Blicktechnik; Einweisen in die Fahrstile „Legen“ und „Drücken“
• Bremsen:	üben von Vollbremsungen
• Ausweichen:	gebremstes und ungebremstes Ausweichen vor Hindernissen

Die Grundidee bei der Einführung der Mehrphasenausbildung war, die Führerscheineulinge in einem sicheren Umfeld an die Grenzen der Fahrzeugkontrolle heranzuführen. Diese Grenzen sind einerseits physikalische Grenzen und andererseits die persönliche Fähigkeiten der Teilnehmer. Es sollte dargestellt werden, dass mit höherer Geschwindigkeit diese Grenzen sehr schnell überschritten werden.

Dieses gelang uns bei den Pkw-Kursen recht gut. Bei den Motorrad-Kursen stellte sich die Aufgabe „Learning by doing and selfreflection“ als schwierig heraus.

Dies liegt daran, dass unsere Pisten es erlauben, Pkw in aller Sicherheit an den Grenzbereich heranzuführen. Verliert der Pkw-Fahrer die Kontrolle über sein Fahrzeug, erlauben es die Sturzräume, die Übung unfallfrei abzuschließen.

Nun können Sie sich leicht vorstellen, dass dies bei Motorrad-Trainings etwas anders aussieht. Um Unfälle während der Kurse zu vermeiden, konnten wir mit unseren Übungen nicht bis an den Grenzbereich heran gehen. Demnach ergab sich ein Training, das darauf abzielte, die Fähigkeiten der Teilnehmer zu verbessern.

Wir waren also von unserer Zielvorgabe recht weit entfernt und konnten und wollten uns mit dieser Situation nicht zufrieden geben. Wir waren bereit, das Bestehende in Frage zu stellen und durch Umsetzen von Neuerungen entsprechende Verbesserungen zu erreichen.



Wenn wir das allseits bekannte Fahrer-Modell aus der „Gadget-Matrix“ auf unseren Kurs anwenden sehen wir, dass wir bislang nur auf den beiden unteren Ebenen gearbeitet haben.

Wollen wir eine nachhaltige Sensibilisierung der jungen Fahrer für die Gefahren des Straßenverkehrs erreichen, müssen wir bestrebt sein, auch die beiden höheren Ebenen des Modells zu erreichen.

Um ein hochwertiges Training anzubieten, wollten wir auch verifizieren, ob unsere bisherigen Übungen in einem direkten Zusammenhang zu den Gefahren des Straßenverkehrs stehen.

Groß angelegte Studien wie MAIDS brachten uns auf die Idee, das Unfallgeschehen in Luxemburg zu betrachten. Wir wollten herausfinden, unter welchen Umständen sich Motorradunfälle ereignen, ob es Ähnlichkeiten, Muster oder typische Hergänge gibt. Sollte es diese geben, müssten sich unsere Trainings hieran orientieren, das heißt, die Fahrer müssten hierauf vorbereitet werden.

Unfallanalyse 2002 und 2003

In Zusammenarbeit mit dem Transportministerium hatten wir die Möglichkeit, sämtliche Polizeiberichte von Motorradunfällen, die sich in Luxemburg in den Jahren 2002 und 2003 ereigneten, einzusehen und zu analysieren. Es waren insgesamt 175 Unfälle, davon 13 mit tödlichem Ausgang.

Die Berichte sind nach einem festgelegten Muster angelegt, und eine Vielzahl an Informationen wird standardisiert erfasst. So konnten wir pro Unfall bis zu 69 Parameter in eine Datenbank aufnehmen. Diese Parameter beinhalten die Unfallkonfiguration, Angaben zum Unfallort, Tageszeit, Witterungsverhältnisse, Fahrzeugtyp, Verletzungsgrad und noch viele mehr.

Die so erhaltenen Daten wollten wir nun kategorisieren und haben anfangs eine Vielzahl von Ansätzen untersucht, so zum Beispiel bezogen

- auf die Situation,
- auf den Fahrzeugtyp,
- auf die Tageszeit,
- auf die Leistung,
- auf die Geschwindigkeit,
- auf den Ort

und auf einige mehr. Einige dieser Ansätze zeigten deutliche Tendenzen, andere wiederum nicht.

Verschiedene Ansätze schienen uns geeignet, um unsere Kurse zu verbessern. Andere Ansätze schienen uns für unsere Zwecke von geringer Bedeutung.

Zurückbehalten für das weitere Vorgehen haben wir dann drei Ansätze:

- Situationsbezogen
- Geschwindigkeitsbezogen
- Ortsbezogen.

Die Ergebnisse dieser drei Ansätze möchte ich Ihnen nun im Detail vorstellen. Beginnen werde ich mit den Situationen. In welchen Situationen ereignen sich Motorradunfälle?



- In Kurven. Häufiger in Linkskurven als in Rechtskurven.
- An Kreuzungen, Gabelungen und Verzweigungen.
- Häufig kommt es auch zu Auffahrunfällen.
- Über 90% aller Motorradunfälle ereignen sich in diesen 6 Situationen.

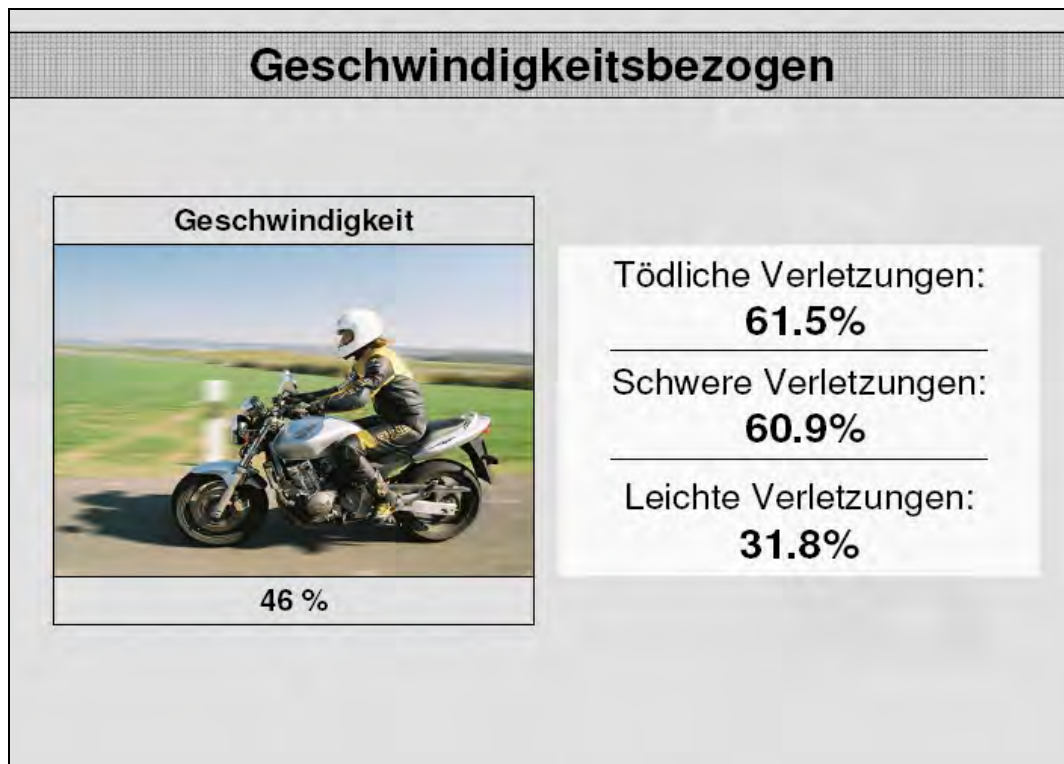
Nicht diskutieren möchte ich zu diesem Zeitpunkt die Schuldfrage. Für unsere Zwecke ist dies nicht Ausschlag gebend – und der Motorradfahrer ist immer der Leidtragende.

Schauen wir uns im Folgenden die Schwere der Verletzungen an.

Situationsbezogen		
<p>Motorradunfall in Linkskurve</p> <p>Tödliche Verletzungen: 23.1%</p> <hr/> <p>Schwere Verletzungen: 17.4%</p> <hr/> <p>Leichte Verletzungen: 14.1%</p> <p>18 %</p>	<p>Motorradunfall in Rechtskurve</p> <p>Tödliche Verletzungen: 30.8%</p> <hr/> <p>Schwere Verletzungen: 17.4%</p> <hr/> <p>Leichte Verletzungen: 8.2%</p> <p>13 %</p>	<p>Linksabbiegendes Fahrzeug schneidet entgegenkomm. Motorrad</p> <p>Tödliche Verletzungen: 23.1%</p> <hr/> <p>Schwere Verletzungen: 18.8%</p> <hr/> <p>Leichte Verletzungen: 17.6%</p> <p>18 %</p>
<p>Motorrad kollidiert mit linksabbiegendem Fahrz.; gleiche Fahrtrichtrichtung</p> <p>Tödliche Verletzungen: 15.4%</p> <hr/> <p>Schwere Verletzungen: 14.5%</p> <hr/> <p>Leichte Verletzungen: 20.0%</p> <p>17 %</p>	<p>Nicht vorfahrtsberechtigtes Fahrzeug nimmt Motorrad die Vorfahrt</p> <p>Tödliche Verletzungen: 0%</p> <hr/> <p>Schwere Verletzungen: 17.4%</p> <hr/> <p>Leichte Verletzungen: 17.6%</p> <p>17 %</p>	<p>Auffahrunfall</p> <p>Tödliche Verletzungen: 0%</p> <hr/> <p>Schwere Verletzungen: 5.8%</p> <hr/> <p>Leichte Verletzungen: 14.1%</p> <p>9 %</p>

Hier sehen wir dann eindrucksvoll, wo das Gefahrenpotenzial liegt.

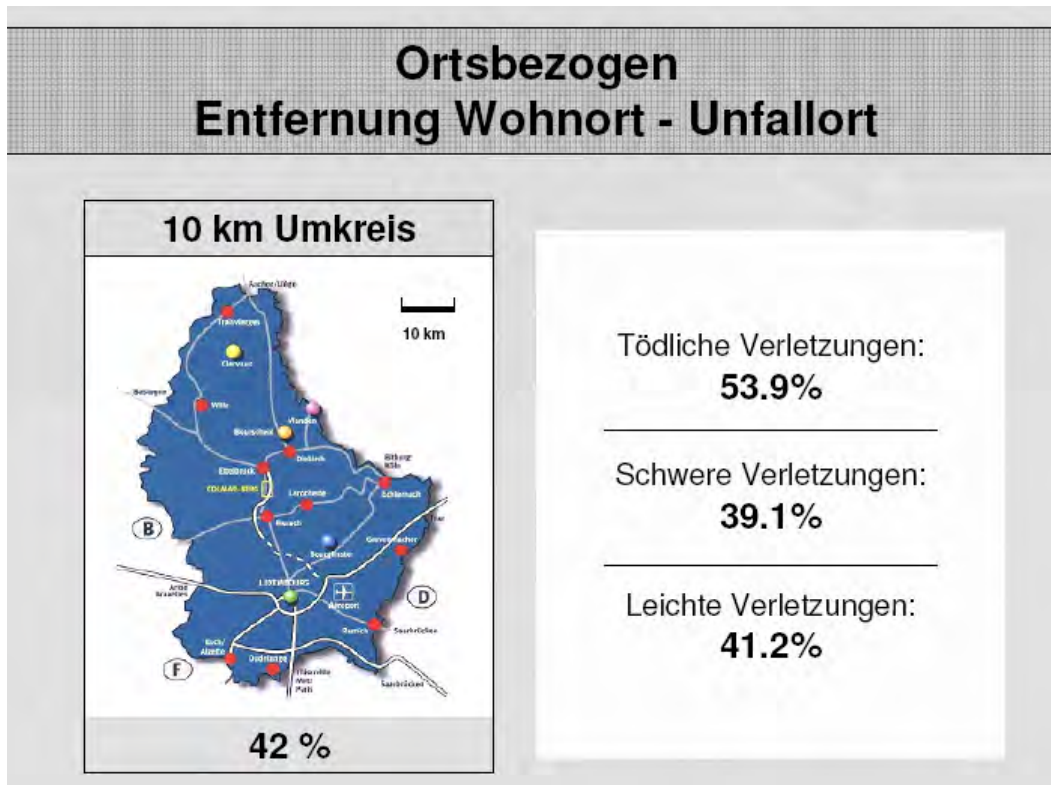
Geschwindigkeitsbezogen



Die Auswertung der Polizeiberichte nannte in 46% der Fälle nicht angepasste Geschwindigkeit als eine der Haupt-Unfallursachen. Selbst wenn in vielen Fällen die gefahrene Geschwindigkeit zum Unfallzeitpunkt unterhalb der gesetzlichen, maximal zulässigen Geschwindigkeit gelegen haben mag, deuten viele Indizien auf einen Kontrollverlust aufgrund nicht angepasster Geschwindigkeit hin.

Und hier muss man sich im Klaren sein, dass die Schwere der Verletzungen proportional, wenn nicht sogar überproportional mit der gefahrenen Geschwindigkeit ansteigt.

Ortsbezogen



Als wir das Unfallgeschehen dann ortsbezogen betrachteten waren wir schon erstaunt, dass sich 42% der Unfälle in einem Umkreis von 10km zum Wohnort des Motorradfahrers ereignen.

Unterscheiden wir wieder nach der Schwere der Verletzungen zeigt sich sogar, dass über die Hälfte der tödlichen Unfälle im nahen Umkreis zum Wohnort passierten.

Nun mögen Sie sagen, dass Luxemburg ein winziges Land ist und dass es entsprechend kaum möglich ist, größere Touren zu fahren. Ich will nur bemerken, dass in den betrachteten Unfällen selbstverständlich auch Ausländer berücksichtigt wurden, die in Luxemburg auf der Durchreise waren oder aber ihre Ferien dort verbrachten. Demnach hatten wir schon eine beachtliche Bandbreite, die von unterhalb eines Kilometers bis auf weit über 1.000 Kilometer reichte.

Erklärungsversuche dieses Phänomens reichen von Selbstüberschätzen über Konzentrationsmangel bis zu erhöhter Risikobereitschaft auf der so genannten Hausstrecke.

Anpassung der Kursinhalte

Die gewonnenen Erkenntnisse wollten wir in unsere Kurse einbringen, um eine entsprechende Sensibilisierung der Fahrer zu erreichen. Sie erinnern sich noch an den Kursaufbau bis 2004 und daran, dass dies ein Training war, das sehr stark auf die Verbesserung der Fähigkeiten orientiert war.

Um eine Sensibilisierung gegenüber den Gefahren des Motorradfahrens und insbesondere gegenüber jenen, die durch die Geschwindigkeit auftreten, zu erreichen, haben wir die einzelnen Kurs-Module mehr oder minder stark geändert.

Anpassung der Kursinhalte

Roter Faden: mit angemessener Geschwindigkeit fahren

- Theorie: Diskussion über Motivation, Gefahren und deren Bewältigung
- Trial-Fahren: Stress und Konzentrationsschwächen erleben

- Slalom: verbessern der Beweglichkeit (trocken / nass)
- Kurvenfahrt: Blicktechnik; auf die richtige Geschwindigkeit kommt es an

- Bremsen: Vollbremsungen bei verschiedenen Geschwindigkeiten; Einfluss der Reaktionszeit und der Geschwindigkeit auf den Anhalteweg

- Ausweichen: ein Manöver, das unter Stress kaum gelingt

Den Theorie-Vortrag über Fahrtechnik haben wir durch eine offene Diskussion über die Motivation zum Motorradfahren und die damit verbundenen Gefahren ersetzt. Technische Fragen werden auch beantwortet, aber nicht thematisiert.

Trial wird immer noch gefahren; weniger, um das Fahren im instabilen Bereich zu üben, sondern um zu zeigen, wie schnell der Fahrer unter Stress kommt und welche Folgen dies hat.

Slalom wird auf nassem und trockenem Untergrund gefahren.

All diese Überlegungen sind schön und gut, aber worauf es ankommt ist einzig und allein das, was während des Trainings an die Teilnehmer übergebracht wird.

Obwohl dies offensichtlich ist, haben wir diese Frage bis 2004 nicht mit Nachdruck erkundet. Am Ende des Tages bitten wir die Teilnehmer, einen kurzen Fragebogen zum Kurs auszufüllen. Hierin fragten wir bis 2004 nach der wichtigsten Botschaft des Tages. Die Teilnehmer sollten in eigenen Worten das wiedergeben, was sie für wichtig hielten.

Hier bekamen wir kaum Antworten, so dass keine repräsentative Auswertung vorgenommen werden konnte. Deshalb haben wir die Frage dahingehend geändert, dass wir 6 Antworten anbieten, die auch unser Ziel enthalten. Jetzt bekommen wir über 80% auswertbare Antworten. Es würde jetzt allerdings zu weit führen, auf die Ergebnisse im Detail einzugehen.

Sensibilisierungskampagne

Als Nebenprodukt der Unfallanalyse entstand eine Sensibilisierungskampagne „Expect the Unexpected“, die in Zusammenarbeit mit dem Transportministerium durchgeführt wurde.

Das Transportministerium verschickte ein entsprechendes Falblatt an 14.000 Motorradigentümer in Luxemburg.





Drei Kurzfilme machen gleichzeitig im Fernsehen und auf den Kinoleinwänden auf die angesprochenen Gefahrensituationen aufmerksam und werden auch im Kursus zur Bewusstseinsbildung eingesetzt.

Das Sicherheitsbewusstsein von Motorradfahrern in Deutschland

Safety Awareness of Motorcycle Riders in Germany

Conscience de sécurité des motocyclistes en Allemagne

Dr.-Ing. Achim Kuschefski

Dipl.-Päd. Matthias Haasper

André Vallese B.A.

Institut für Zweiradsicherheit e.V. (ifz), Germany

Kurzfassung

Der Beitrag des Instituts für Zweiradsicherheit (ifz) ist ein Auszug einer aktuellen ifz-Studie zum Thema „Sicherheitsbewusstsein der Motorradfahrer in Deutschland“. Die Ist-Aufnahme und die Analyse des derzeitigen Sicherheitsbewusstseins von Motorradfahrern in Deutschland sind Gegenstand dieser Studie.

Einleitende Aspekte sind die Kollektiv-Beschreibung wie Alter, Geschlecht, Schulausbildung, Beruf, Wohnort, Motorradtyp, Fahrleistung und verschiedene Nutzungsgewohnheiten, zum Beispiel „seit wann Motorradfahrer?“, „Motorradnutzung bei schlechtem Wetter/Winter?“, „Freizeit- und Alltagsnutzung?“, „Mitnahme von Beifahrern?“ und „Häufigkeit von Veranstaltungs- und Messebesuchen?“ der Befragten.

Schwerpunkte sind jedoch die Ergebnisse der umfangreichen Befragung von 422 Motorradfahrerinnen und -fahrern hinsichtlich ihres Verhaltens und ihrer Einstellungen gegenüber dem Thema „Sicherheit“. Anhand von Kreuztabellen werden die verschiedenen Merkmale untereinander verknüpft und verglichen. Viele neue Erkenntnisse zu den Themengebieten der Selbsteinschätzung, zum Kenntnisstand in Sicherheitsfragen, zu Unfallhergängen, zum Trageverhalten und zur Investitionsbereitschaft von Motorradbekleidung, zum Motorradfahrersicherheitstraining und weitere Aspekte der Einstellungen von Motorradfahrern zur Sicherheit werden präsentiert.

Betrachtet man die Ergebnisse der Verknüpfungen mit ausgewählten Fragen zum Sicherheitsbewusstsein übergreifend bleibt festzuhalten, dass die in der Studie befragten Motorradfahrer ein hohes Sicherheitsbewusstsein aufweisen. Diese Tendenz wird auch bei der differenzierten Auswertung von Einzelaspekten deutlich.

Abstract

The ifz contribution to the conference is an excerpt of one of the latest ifz studies on safety attitudes of motorcycle riders in Germany. It treats of the present state and analysis of safety awareness of German motorcycle riders.

The introduction deals with a collective description of the riders examining aspects such as age, gender, education, profession, place of residence, type of motorcycle, performance and ways of using the motorcycle, for example "riding a bike since when?", "using the bike in bad weather / in winter?", "using the bike in leisure time/ everyday use", "transporting passengers?" and "frequency of attending motorcycle events / trade fairs".

The emphasis of the study, however, deals with the results of a survey among 422 motorcycle riders with respect to their behaviour and attitudes towards safety aspects. With the help of correlating tables the different criteria can be related to and compared with each other. The report thus offers a lot of new results as regards the topics self-evaluation, state of knowledge about safety aspects, course of accidents, wearing of protective clothing and willingness to spend money on it, attending motorcycle rider trainings and further aspects of safety attitudes of motorcycle riders.

Considering the results of the connected and selected questions on safety awareness we can state that those riders questioned for the survey are characterized by high degree of safety awareness. This tendency can be backed still the more by more detailed evaluations of single aspects.

Résumé

La contribution de l'Institut für Zweiradsicherheit (ifz) [L'Institut pour la Sécurité des Motocyclistes en Allemagne] à la conférence est un extrait d'une étude actuelle qui a comme sujet l'attitude de sécurité des motocyclistes en Allemagne (Titre: "Sicherheitsbewusstsein der Motorradfahrer in Deutschland"). L'objet de cette étude est l'état et l'analyse de la conscience de sécurité des motocyclistes en Allemagne.

Les aspects préliminatifs, ce sont les descriptions générales et collectives comme l'âge, sexe, formation scolaire, profession, lieu de domicile, modèle et performance de la moto et modes d'utilisation du véhicule, par exemple "depuis quand motocycliste?", "usage par mauvais temps / en hiver?" "usage en temps libre / quotidien?" "transport de passagers?" et "fréquentation de salons / messes" des personnes questionnées.

Le point central du papier, cependant, ce sont les résultats du sondage à grand-échelle parmi 422 motocyclistes concernant leurs attitudes au sujet de la sécurité. A l'aide des tableaux corrélatifs, les traits caractéristiques ont été reliés et comparés. Le papier va présenter beaucoup de nouvelles conclusions concernant les motocyclistes: leur connaissance de soi, leur état de connaissances concernant la sécurité, le déroulement des accidents, leur disposition à dépenser et à porter des vêtements de protection et aussi à participer à un entraînement de sécurité pour les motocyclistes et d'autres aspects qui s'occupent des attitudes de motocyclistes.

En analysant les résultats des combinaisons de questions bien choisies concernant l'attitude envers la sécurité il ne reste qu'à constater que les motocyclistes questionnés pour le sondage montrent une conscience de sécurité élevée. Cette tendance se manifeste aussi en analysant des aspects particuliers de manière plus nuancée.

Das Sicherheitsbewusstsein von Motorradfahrern in Deutschland

Einleitung

Das Thema „Sicherheit für motorisierte Zweiradfahrer“ sowie die Ausarbeitung, Aufbereitung und Vermittlung von Informationen rund um dieses Thema stehen im Mittelpunkt der Arbeit des Instituts für Zweiradsicherheit. Weiterentwicklungen und Neuheiten bezüglich der aktiven und passiven Sicherheit werden Jahr für Jahr von den Motorrad- oder Motorradbekleidungsherstellern vorgestellt. Auch die Anzahl der Motorradfahrersicherheitstrainings hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen.

Doch wie sieht es selbst mit dem Sicherheitsbewusstsein beim Motorradfahrer in Deutschland konkret aus? Wie verhalten sich Motorradfahrer, wenn es um die Frage der Sicherheit geht? Welche Gedanken spielen sich bei ihnen ab und wo werden Schwerpunkte bezüglich der Weiterbildung zur eigenen Sicherheit gesetzt?

Um diese Fragen intensiv zu erörtern, hat das ifz im Jahre 2005 eine Studie begonnen, die genau hier ansetzt und einen Einblick über die Einstellungen und Verhaltensweisen der Motorradfahrer in Deutschland zum Thema „Sicherheit“ vermittelt. Setzen sich die meisten Motorradfahrer eher unbedacht und gedankenlos auf ihre Maschine oder spielt die Sicherheit eine bedeutende Rolle? Sinkende Unfallzahlen in Relation zum Bestand, steigende Teilnehmerquoten von Motorradsicherheitstrainings und auch steigende Tragequoten von Motorradbekleidung lassen vermuten, dass bei den meisten Motorradfahrern in Deutschland das Thema „Sicherheit“ von großer Bedeutung ist.

Teil I – Informationen zur Studie und zum Kollektiv

Die folgenden Ausführungen zeigen einen Teil der Ergebnisse der ifz-Studie „Das Sicherheitsbewusstsein von Motorradfahrern in Deutschland“. Die empirische Studie wurde, beginnend im Jahr 2005, während verschiedener Motorradmessen durchgeführt. Hierbei wurde darauf geachtet, dass der Großteil der Motorradfahrer nicht am Messestand des ifz befragt wurde. Der Grund für diese Vorgehensweise ist darin zu sehen, dass ermittelt werden sollte, ob und inwieweit Sicherheitsgedanken bei den Befragten vorhanden sind. Wären nur diejenigen befragt worden, die sich ohnehin auf den ifz-Messestand begeben und damit ein Interesse am Thema Sicherheit zeigen, hätten die Ergebnisse verfälscht sein können.

Die Befragung wurde mittels eines umfangreichen Fragebogens (85 Fragen) durchgeführt, wobei ein ifz-Mitarbeiter für Erklärungen und Rückfragen anwesend war. Bei den bisher vorliegenden Ergebnissen können wir auf 422 befragte Personen zurückgreifen. Befragt wurden ausschließlich Motorradfahrerinnen und -fahrer mit einem amtlich zugelassenen motorisierten Zweirad und einem Mindestalter von 18 Jahren.

Das Kollektiv dieser Befragung besteht zu 86,6 Prozent aus männlichen und 13,4 Prozent aus weiblichen Personen. Der geschlechtsspezifische Anteil entspricht etwa dem Anteil der weiblichen Halter am Gesamtbestand an Krafträdern in Deutschland (13,7%; Quelle: Kraftfahrtbundesamt (KBA), [1]).

45 Prozent der Befragten finden sich in der Altersklasse zwischen 40 und 49 Jahren. Einen weiteren Großteil stellen die 30- bis 39-Jährigen mit 18,9 Prozent. Die Altersgruppe der über 50-Jährigen bildet einen ähnlich großen Anteil. Junge Fahrer bis 20 Jahre sind nur mit 5 Prozent vertreten. Im Mittel betrug das Alter der Befragten 40,8 Jahre, was laut KBA ziemlich genau dem Durchschnittsalter der Motorradfahrer in Deutschland entspricht.

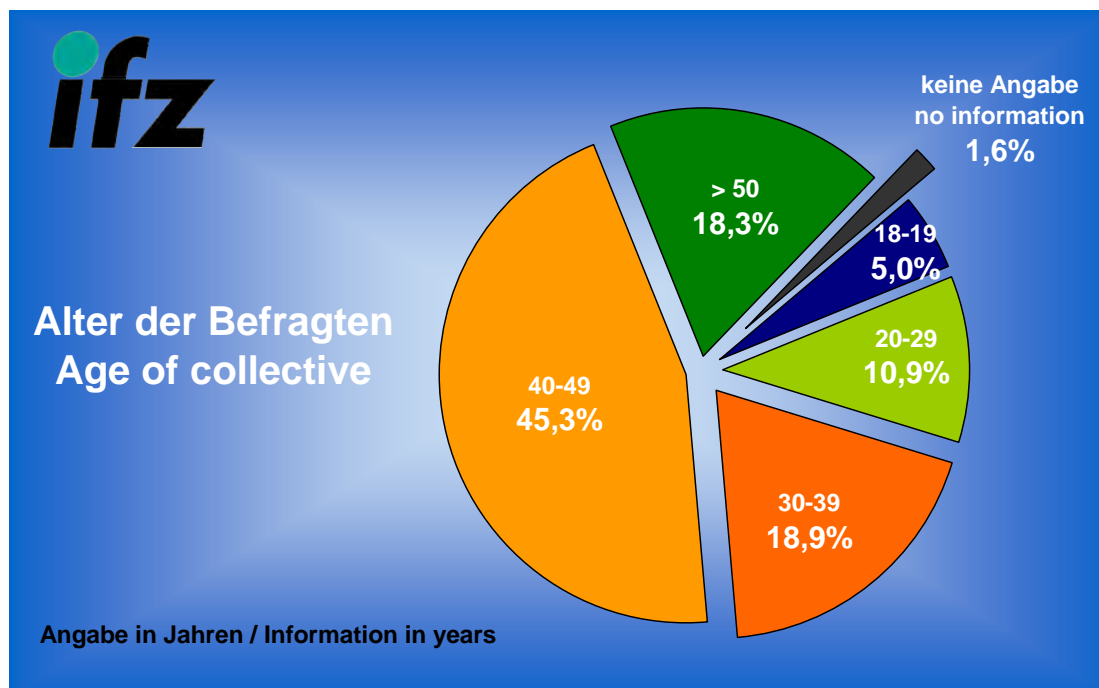


Abbildung 1

Nahezu die Hälfte der Befragten kommt aus einer eher ländlichen Wohngegend, die andere Hälfte aus einem mehr städtischen Raum. Die Schulabschlüsse der Befragten sind etwa gleich aufgeteilt. 31 Prozent des Kollektivs haben einen Realschulabschluss, dicht gefolgt von Hochschulabsolventen mit knapp über 27 Prozent. Hauptschulabgänger und Befragte mit Abitur teilen sich den verbleibenden Anteil mit je 20 Prozent.

Entsprechend der berufsspezifischen Analyse arbeiten fast 25 Prozent der Befragten handwerklich. 55 Prozent befinden sich in einem Angestellten-/Beamtenverhältnis oder sind selbstständig tätig, wobei 22 Prozent einen akademischen Beruf haben. 4 Prozent der Befragten sind in der Ausbildung.

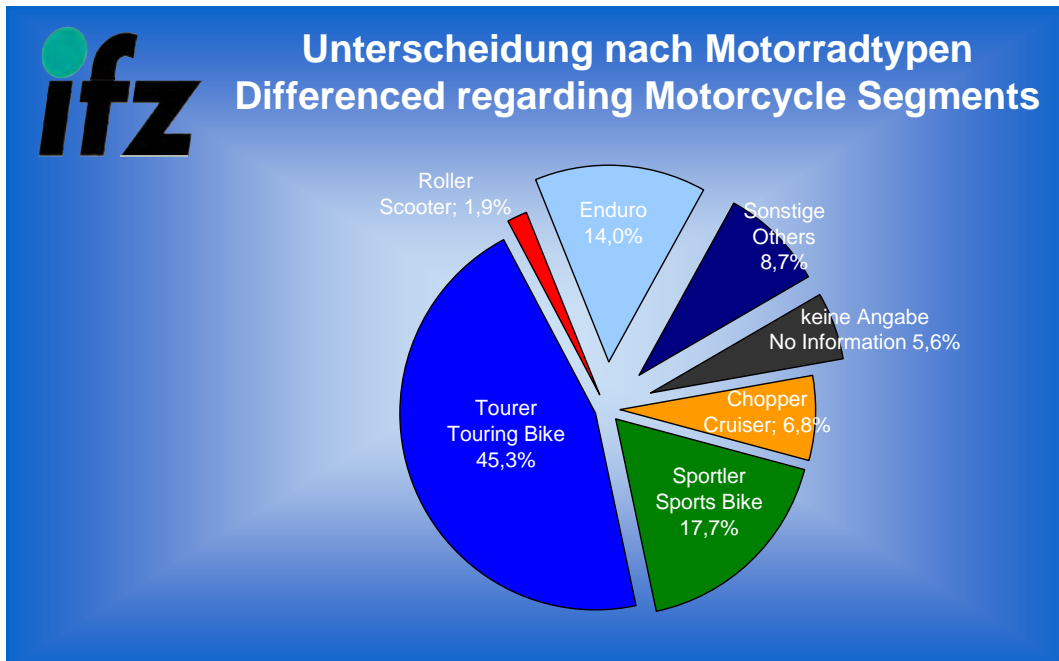


Abbildung 2

Bei der Unterscheidung nach Motorradtypen findet sich im Kollektiv der größte Block mit über 45 Prozent die Gruppe der Tourenmotorräder (Tourer) wieder, gefolgt von den „Sportlern“ mit fast 18 Prozent. Die drittgrößte Gruppe stellen die Enduros.

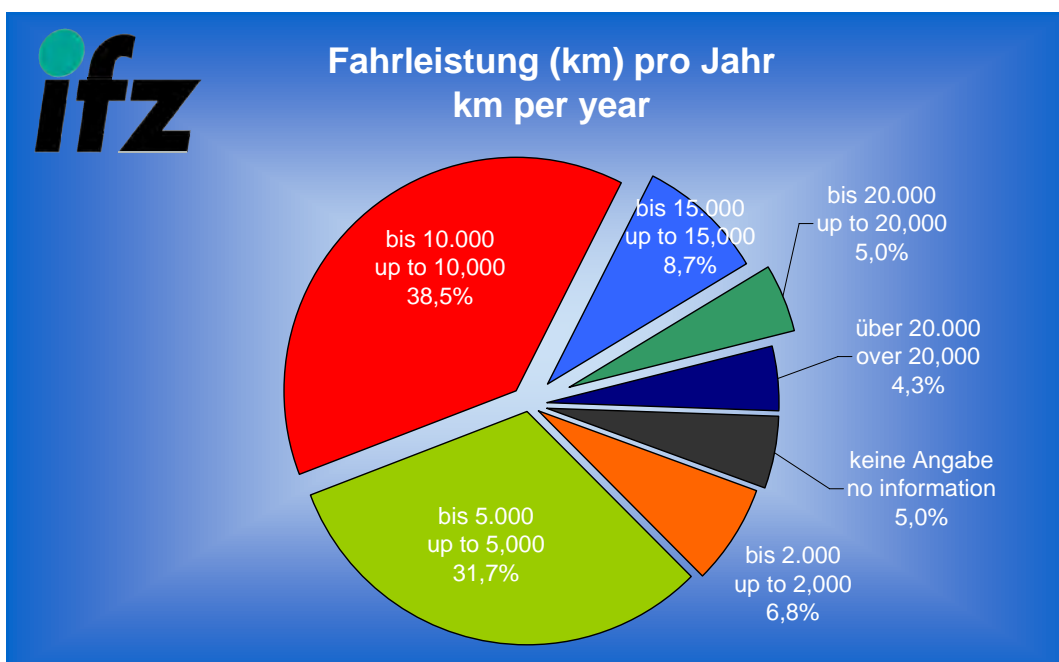


Abbildung 3

Nur 7 Prozent der Befragten fahren unter 2.000 km im Jahr. Fast 32 Prozent der Befragten geben an, bis zu 5.000 km im Jahr unterwegs zu sein. Der Großteil mit nahezu 40 Prozent des Kollektivs fährt bis zu 10.000 km pro Jahr. Eine Jahresfahrleistung von 15.000 Kilometern erreichen knapp 9 Prozent. Nur 4,3 Prozent fahren über 20.000 km im Jahr mit ihrem Motorrad.

Der Mittelwert dieser Angaben liegt bei 8.341 km pro Jahr. Vergleicht man dieses Ergebnis mit denen weiterer bekannter Studien, fällt auf, dass der Durchschnitt in dieser Studie höher liegt. Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) kam im Jahr 2002 auf eine mittlere Jahresfahrleistung von 3.584 km [2]. Die Auswertung einer Umfrage der Motorpresse Stuttgart in 2005 kam hier auf 7.200 km pro Jahr [3]. Exakte Aussagen sind in diesem Bereich jedoch eher schwierig.

Im Geschlechtervergleich zeigt sich, dass sich die Gruppe der Vielfahrer mehr aus Männern zusammensetzt. In den Kilometerklassen bis 5.000 km/Jahr sind Frauen anteilmäßig häufiger vertreten als Männer. Dies ändert sich jedoch ab 5.000 km/Jahr aufwärts in den höheren Jahreskilometerbereichen zugunsten der Männer.

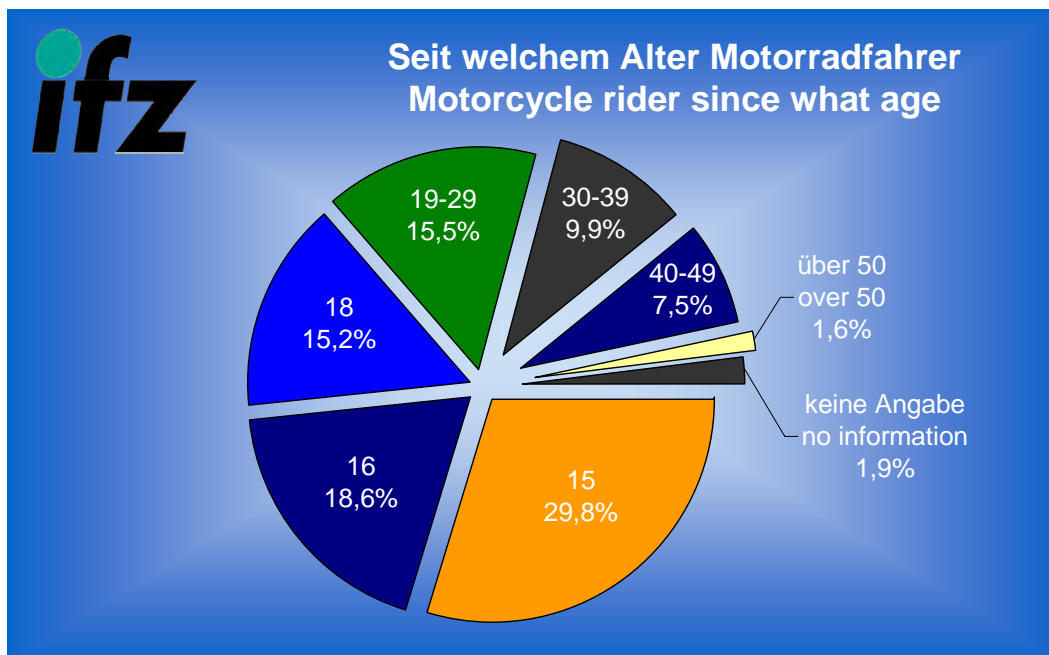


Abbildung 4

Bei der Frage, seit wann ein motorisiertes Zweirad gefahren werde, zeigte sich, dass nahezu die Hälfte der Motorradfahrer bereits seit dem 15. oder 16. Lebensjahr auf zwei Rädern unterwegs ist. Diese Motorradfahrer wurden also bereits in ihrer Jugend mit dem „Zweiradvirus“ infiziert und kamen über versicherungspflichtige Fahrzeuge (Kleinkrafträder) sowie Leichtkrafträder zum Motorrad.

15,2 Prozent beginnen ihre „Zweiradkarriere“ mit 18, weitere 15,5 Prozent zwischen 19 und 29 Jahren. Fast 10 Prozent steigen zwischen ihrem 30. und 39. Lebensjahr ein, 7,5 Prozent bis zum 50. Lebensjahr. Nur 1,6 Prozent der Befragten haben nach ihrem 50. Geburtstag angefangen, Motorrad zu fahren.

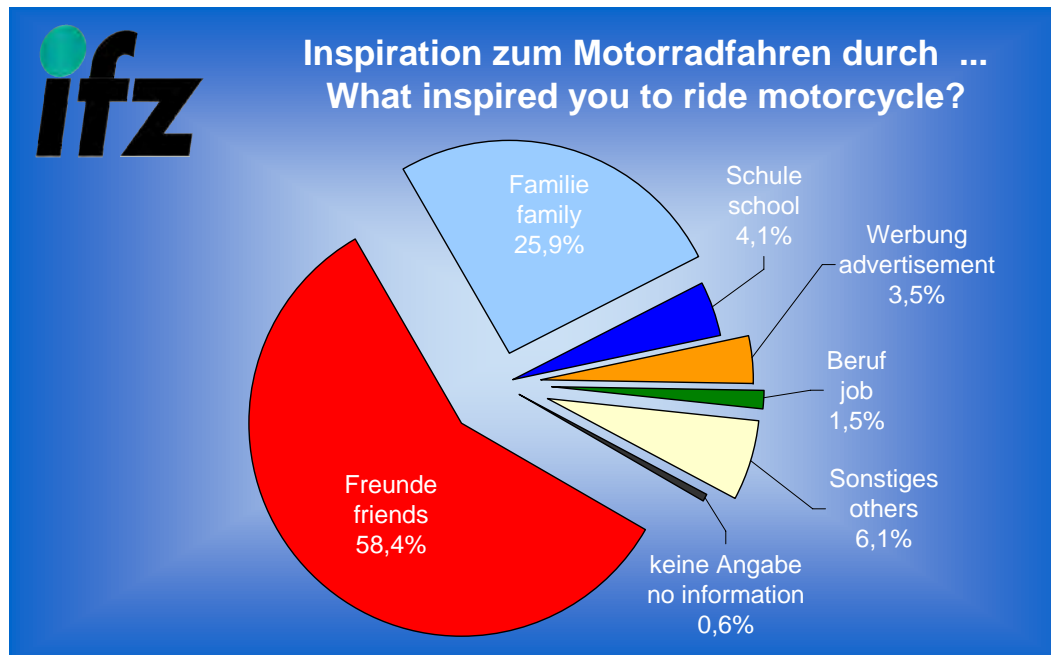


Abbildung 5

Der Weg zum motorisierten Zweirad führt in fast 60 Prozent aller Fälle über die Freunde. In einem Viertel der Fälle ist das familiäre Umfeld in richtungweisender Funktion. Das unmittelbar soziale Umfeld (ca. 85%) spielt also die ausschlaggebende Rolle, wie eine Studie des ifz aus dem Jahr 2004 bereits für jugendliche Fahranfänger nachweisen konnte [4]. Der Bereich der Werbung nimmt nach Aussagen der Befragten nur einen verhältnismäßig kleinen Teil (3,5%) ein. Inwieweit hier jedoch unterbewusste Verhaltensweisen gesteuert werden, kann diese Studie nicht aufzeigen.

Im Folgenden werden einige Hintergrundinformationen des befragten Kollektivs bezüglich des Motorradfahrens und der damit verbundenen Gewohnheiten erläutert. Hierzu werden verschiedene allgemeine Themenbereiche in Form von Kreuztabellen verknüpft. Fast zwei Drittel der befragten Motorradfahrer geben an, ihr Motorrad auch bei schlechterem Wetter zu bewegen. Ein Fünftel lässt das Zweirad bei schlechtem Wetter in der Garage, während sich für 15 Prozent die Wetterfrage gar nicht stellt. Sie fahren bei jedem Wetter. Insbesondere Männer geben an, eher bei schlechtem Wetter zu fahren als Frauen. Altersspezifisch konnten keine signifikanten Unterschiede beobachtet werden.

In der Gruppe der „ständigen Regenfahrer“ finden sich überwiegend Tourer und Enduros. Chopper sind nur sehr gering beteiligt. Zirka die Hälfte (48,8%) des Kollektivs nutzt den einen oder anderen Wintertag für eine Ausfahrt, während nur 8,1 Prozent regelmäßig im Winter fahren. 30,4 Prozent fahren im Winter generell nicht. Für weitere 12,1 Prozent stellt sich die Frage nicht, da ihr Motorrad im Winter abgemeldet ist. Altersspezifisch konnten keine Besonderheiten ermittelt werden. Bei der Unterscheidung nach Motorradtypen sind – bis auf eine Ausnahme – ebenfalls keine besonderen Auffälligkeiten zu erkennen. Chopper und Cruiser werden zu fast 70 Prozent im Winter nie bewegt.

Über zwei Drittel (68%) der Befragten nutzen ihr Motorrad eher zu Freizeitwecken. Weitere 14,3 Prozent nutzen ihr Zweirad sowohl in der Freizeit als auch für Alltagszwecke. 17,1 Prozent geben an, ihr Motorrad mehr für den Alltag zu gebrauchen. Betrachtet man diese Auswertung mit Blick auf das Alter der Befragten, fällt auf, dass gerade die Gruppe der unter 30-Jährigen ihr Motorrad mehr für Alltagszwecke einsetzt als die älteren Fahrer. Mit Blick auf die Geschlechter zeigt sich, dass mehr Männer ihr Motorrad für den Alltag nutzen.

Der Großteil von fast zwei Dritteln (63%) nimmt ab und zu jemanden auf seinem Motorrad mit, ein Viertel (25,8%) nie. Nur zirka 11 Prozent genießen das Fahren sehr oft zu zweit. Anteilsmäßig nehmen nach Ergebnissen der Befragung mehr Männer als Frauen (68% zu 35%) jemanden auf ihrem Motorrad mit.

Fast 80 Prozent des Kollektivs besuchen regelmäßig Motorradveranstaltungen wie Motorradmessen oder spezielle Events, während dies fast 20 Prozent nicht tun. Die Gründe für einen Besuch liegen zu 84 Prozent im allgemeinen Interesse am Zweiradgeschehen. 8,4 Prozent sind wegen des Unterhaltungscharakters dort, 7,6 Prozent haben Kaufabsichten. Zwei Drittel derjenigen, die nicht regelmäßig Veranstaltungen besuchen, gaben als Grund „kein Interesse“ an. Fast 10 Prozent finden es zu teuer und 15,2 Prozent vermeiden meistens solche Veranstaltungen, weil es ihnen zu voll ist. Nahezu 45 Prozent der Befragten sind bereit, für den Besuch einer Veranstaltung bis zu 100 km zurückzulegen. Weitere 25 Prozent fahren sogar bis zu 200 km. Bis 500 km oder darüber hinaus sind nur noch 15 Prozent des Kollektivs zur Anreise bereit.

Teil II – Einzelergebnisse und Kreuztabellen nach Themen

In diesem Teil der Studie werden die Auswertungen der Antworten hinsichtlich sicherheitsrelevanter Themen widergespiegelt. Außerdem werden die Ergebnisse der Verknüpfungen verschiedener Themenbereiche dargestellt. Gerade diese Zusammenhänge verschiedener Verhaltensweisen in Relation zu Ansichten, Einstellungen und Erfahrungen der Befragten geben Auskünfte über das Sicherheitsbewusstsein der Motorradfahrer. Da es sich bei diesem Beitrag nur um einen Auszug der Studie handelt, kann es vorkommen, dass teilweise Aussagen zu Verknüpfungen benannt werden, deren Einzelaspekte hier nicht näher dargestellt sind.

1. Maschine und Wartung

- 1.1 Einschätzung des Zustandes des eigenen Motorrades
- 1.2 Eigenwartung/-reparatur des Motorrades
- 1.3 Regelmäßige Prüfungen der Verkehrssicherheit des Motorrades
- 1.4 Füllmengen- und Verschleißprüfung am Motorrad

2. Sicherheit

- 2.1 Relevanz des Themas Sicherheit beim Motorradfahren
- 2.2 Gründe der Wichtigkeit des Themas Sicherheit
- 2.3 Häufigkeit eines Alleinunfalls
- 2.4 Häufigkeit eines Unfalls mit Fremdbeteiligung
- 2.5 Selbsteinschätzung des eigenen Fahrkönnens
- 2.6 Risikogedanke beim Motorradfahren
- 2.7 Häufigste Risikogedanken beim Motorradfahren
- 2.8 Interesse an Sicherheitsinformationen auf Messen/Veranstaltungen
- 2.9 Interesse an Sicherheitsfeatures beim Motorradkauf
- 2.10 ABS-Interesse

3. Motorradbekleidung/Helm

- 3.1 Tragen eigener Motorradbekleidung
- 3.2 Trageverhalten des Sozios'/der Sozia von Motorradbekleidung
- 3.3 Bevorzugter Farbton und Relevanz des Aussehens der Motorradbekleidung
- 3.4 Neukauf von Motorradbekleidung
- 3.5 Investitionsvolumen beim Motorradbekleidungskauf
- 3.6 Investitionsvolumen beim Motorradhelmkauf

- 3.7 Neukauf des Motorradhelms
- 3.8 Informationen vor dem Kauf neuer Motorradbekleidung (inkl. Helm)
- 3.9 Tragedisziplin von Motorradbekleidung in Abhängigkeit von Wetter und Strecke

4. Training

- 4.1 Teilnahme am Motorradfahrersicherheitstraining
- 4.2 Gründe für die Trainingsteilnahme
- 4.3 Gründe für die Nichtteilnahme an einem Training
- 4.4 Trainingssuche: genutzte Informationsquellen

1. Maschine und Wartung

1.1 Einschätzung des Zustandes des eigenen Motorrades

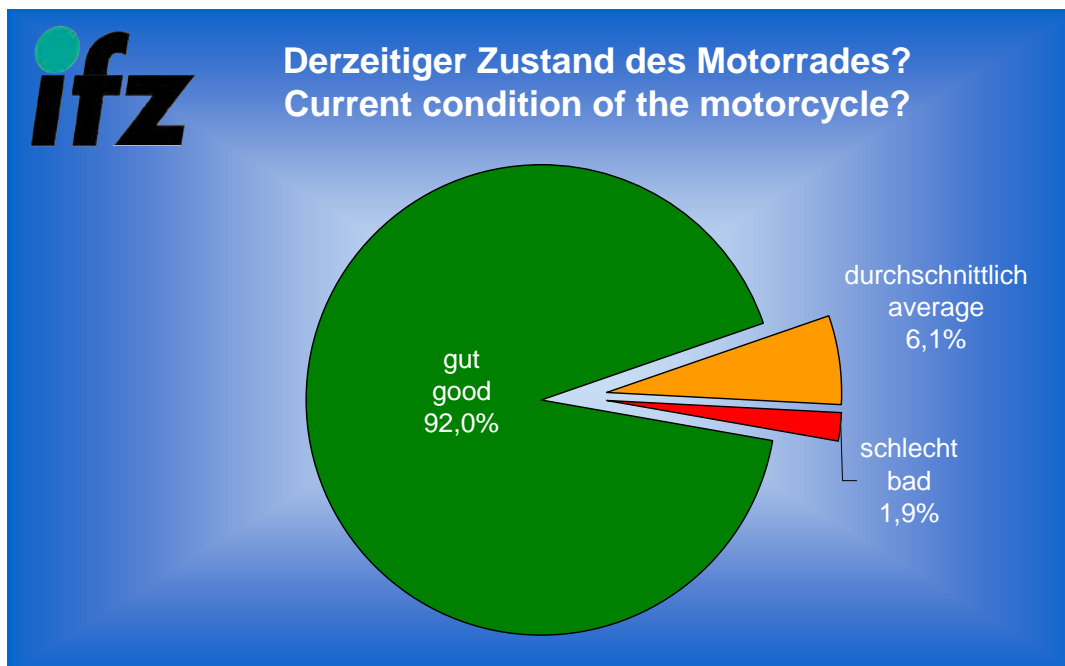


Abbildung 6

92 Prozent der Befragten schätzen ihr Motorrad als gut gewartet ein. Nur 6,1 Prozent meinen, ihr Motorrad sei in einem eher durchschnittlichen Zustand. 1,9 Prozent beschreiben den Zustand ihres Motorrades als schlecht. Ein Unterschied in den Ergebnissen zwischen Männern und Frauen konnte nicht festgestellt werden.

Betrachtet man in diesem Zusammenhang die Ergebnisse von Hauptuntersuchungen renommierter Prüforganisationen der letzten Jahre, so kann durchgehend bestätigt werden, dass sich Motorräder meist in einem guten Zustand befinden. Die letzte Auswertung des TÜV Nord zeigt beispielsweise, dass im Jahr 2005 fast 75 Prozent der Motorräder ohne Mängel ihre Plakette erhielten. Im Vergleich dazu bekamen nur 45,7 Prozent der Pkw im gleichen Zeitraum ihre Plakette auf Anhieb [5].

1.2 Eigenwartung/-reparatur des Motorrades

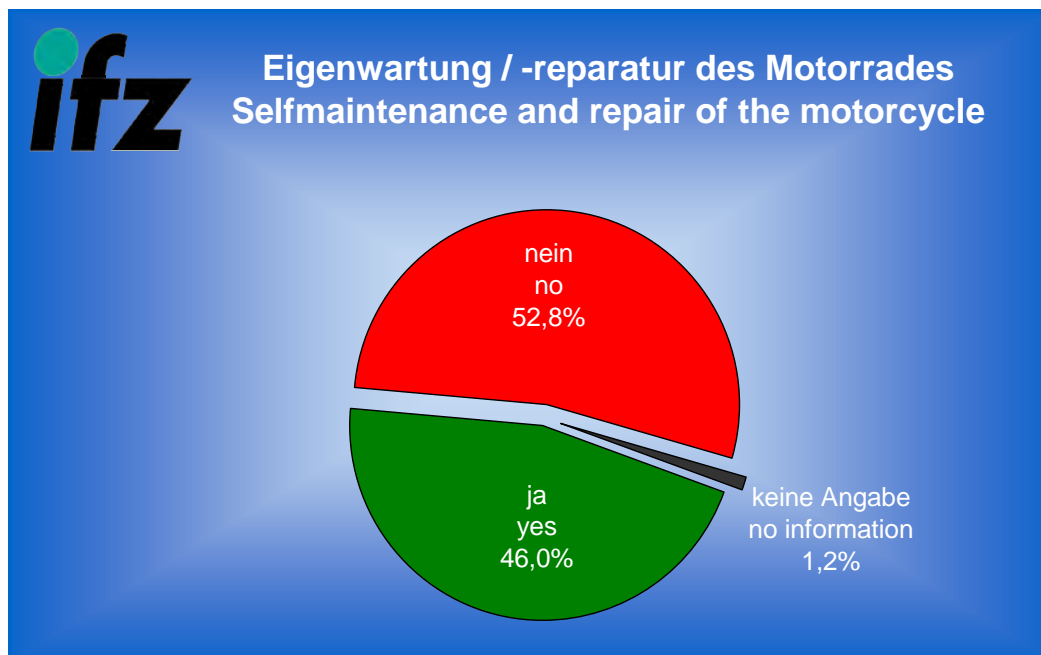


Abbildung 7

Mit einem Anteil von 46 Prozent der Befragten kann festgehalten werden, dass knapp die Hälfte der Motorradfahrerinnen und -fahrer Wartung und Reparatur am Motorrad selbst verrichtet.

Betrachtet man dieses Ergebnis bezogen auf das Alter der Fahrer, so ist ersichtlich, dass die Bereitschaft, selber Hand anzulegen, mit zunehmendem Alter sinkt.

Geschlechtsspezifisch kann ein Unterschied festgestellt werden. Es sind auffallend mehr Männer, die ihr Motorrad selbst warten. Wir haben hier anteilmäßig nahezu doppelt so viele Männer, die ihr Motorrad selbst warten wie Frauen (50% zu 26%).

1.3 Regelmäßige Prüfungen der Verkehrssicherheit des Motorrades

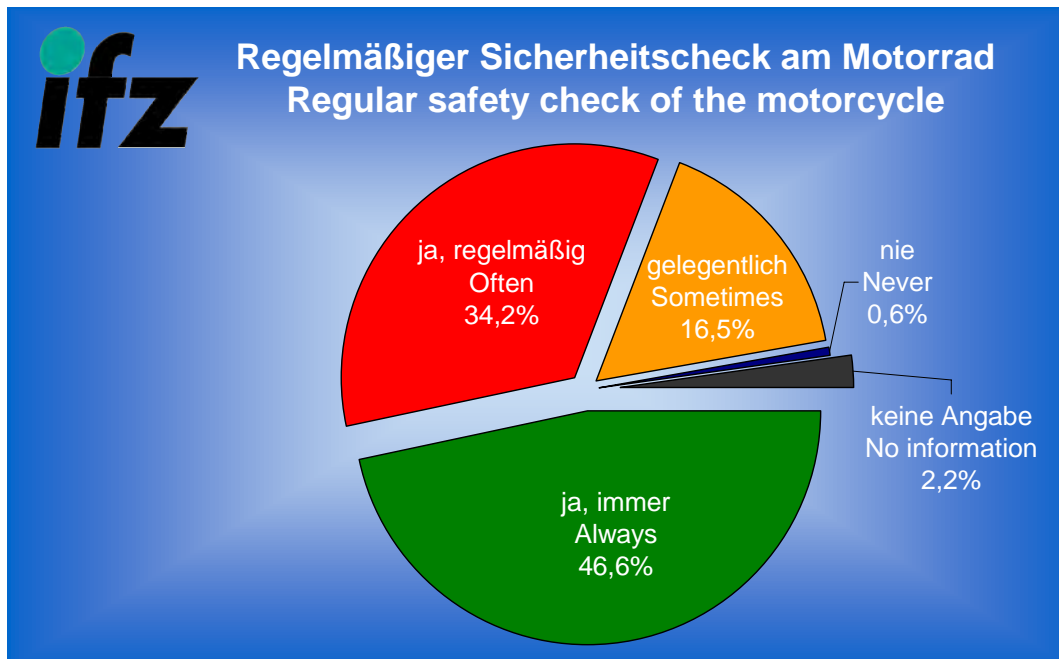


Abbildung 8

Über 80 Prozent der Befragten geben an, vor jeder Fahrt immer bzw. regelmäßig einen Sicherheitscheck an ihrem Motorrad durchzuführen. 16,5 Prozent tun dies gelegentlich. Nur 0,6 Prozent der Biker kommen nie auf die Idee, ihr Motorrad hinsichtlich der Sicherheit zu überprüfen.

Interessant, dass das Alter auf dieses Verhalten einen erkennbaren Einfluss ausübt. Jüngere Fahrer unter 20 sind bei den konsequenten „Sicherheitsprüfern“ nur halb so oft anzutreffen wie Fahrer über 20. Entsprechend verlagert sich die Gewichtung auf die „nur gelegentlichen Prüfer“. Hier ist der Anteil der jüngeren Befragten wieder größer. Geschlechtsspezifische Unterschiede sind keine festzustellen. Auch hinsichtlich der Schulbildung und der Berufsgruppen gibt es hier keine Unterschiede.

Ein signifikanter Unterschied bei der Häufigkeit von Sicherheitschecks zwischen den Alltagsmotorradfahrern und den Freizeitmotorradfahrern kann nicht festgestellt werden. Tendenziell verfügen Fahrer, die immer oder regelmäßig ihre Maschine bezüglich der Sicherheit prüfen, über umfangreicheres Equipment bei ihrer Motorradbekleidung und sind auch eher bereit, mehr dafür zu investieren.

Gleiches Verhalten bestätigt auch die Verknüpfung der Häufigkeit von Sicherheitschecks und dem Trageverhalten von Motorradbekleidung des Sozios oder der Sozia. Je häufiger Motorradfahrer ihre Maschine auf Sicherheit prüfen, desto umfangreicher ist die oder der Mitfahrende in punkto Motor-

radbekleidung ausgestattet. So ist z. B. nur jeder zweite Beifahrer eines Fahrers, der sein Motorrad nur gelegentlich hinsichtlich der Sicherheit prüft, mit Motorradstiefeln ausgestattet. Dagegen zeigt sich bei Fahrern, die vor jeder Fahrt ihr Motorrad prüfen, dass 86 Prozent der Beifahrer mit diesem wichtigen Utensil ausgestattet sind.

Ebenfalls besteht ein direkter Zusammenhang zwischen dem Informationsbedürfnis vor dem Kauf von Motorradbekleidung und dem regelmäßigen Sicherheitscheck. Während jeder dritte, der sich weniger über Motorradbekleidung informiert, auch seltener sein Motorrad prüft, ist das bei denen, die sich ausreichend über Motorradbekleidung informieren, nur jeder sechste.

Fahrer, die sich auf Motorradveranstaltungen eher nicht für Sicherheitsthemen interessieren, führen auch seltener Sicherheitsprüfungen an ihrem Motorrad durch. Jeder zweite, der angibt, auf Messen auch Sicherheitsthemen und Anbieter in diesem Segment zu suchen, prüft sein Motorrad vor jeder Fahrt.

Außerdem kann festgestellt werden, dass Fahrer, die ihr Motorrad eher selten oder nur gelegentlich hinsichtlich der Sicherheit prüfen, mehr dazu neigen, einen Teil ihrer Motorradbekleidung im Schrank zu lassen, als die Fahrer, die regelmäßige Prüfungen oder bei jeder Fahrt einen Sicherheitscheck durchführen.

Das individuelle Sicherheitsbewusstsein drückt sich auch darin aus, dass nur etwa 11 Prozent der Biker, die helle Motorradbekleidung bevorzugen, ihr Motorrad „nur gelegentlich prüfen“. Dagegen prüfen die Fahrer, die dunkle Bekleidung (Sicherheitsmanko) bevorzugen, zu 22 Prozent nur gelegentlich.

Ein weiteres Merkmal ist, dass diejenigen, die immer prüfen, sich in 44 Prozent der Fälle für sichere Fahrer halten. Analog dazu sind es nur 35 Prozent bei denen, die nur gelegentlich prüfen.

Selbstvertrauen und eigene Sicherheit drückt sich auch bei denjenigen aus, die immer prüfen. Sie halten Motorradfahren für weniger gefährlich und denken auch beim Motorradfahren häufiger über mögliche Risiken nach als diejenigen, die eher selten prüfen. Die Erfahrung eines Unfalls (Alleinunfall sowie Unfall mit Fremdbeteiligung) hat keinen signifikanten Einfluss auf die „Prüfungsneigung“ der Befragten.

1.4 Füllmengen- und Verschleißprüfung am Motorrad

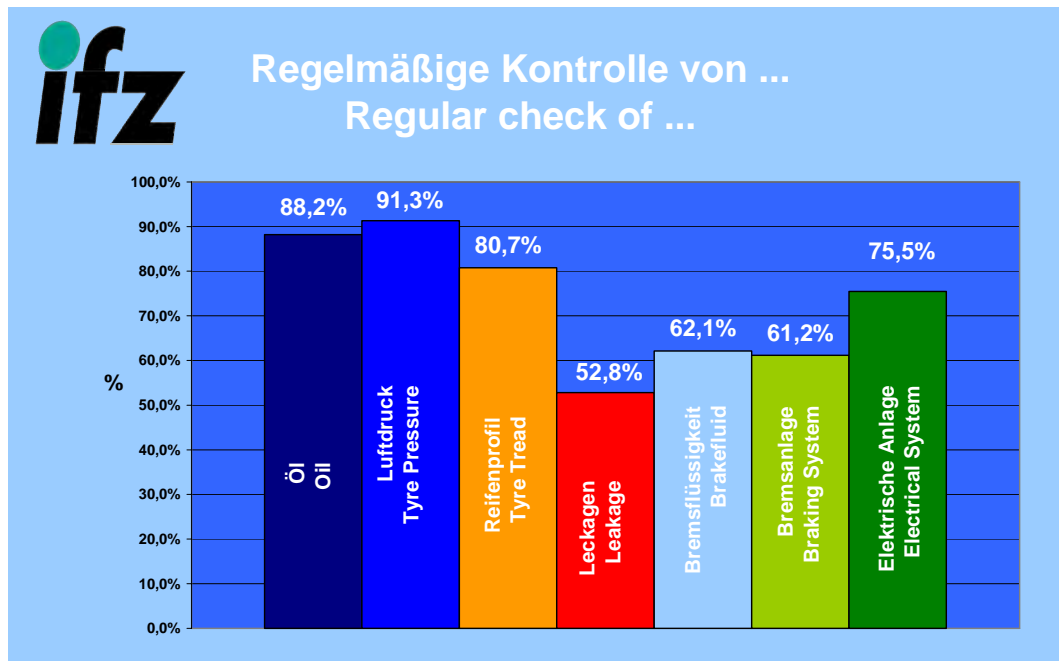


Abbildung 9

Spitzenreiter bei Kontrollen am Motorrad, die nicht zuletzt aus sicherheitsrelevanten Gründen regelmäßig ausgeübt werden sollten, ist der Reifenluftdruck mit 91,3 Prozent. Dicht gefolgt vom Motorölstand (88,2%), dem Reifenprofil (80,7%) und der elektrischen Anlage (75,5%). Die Überprüfung des Motorrades auf Leckagen oder der Bremsanlage findet insgesamt weniger häufig Beachtung.

Mit Blick auf das Alter haben hier die älteren Fahrer ab 40 Jahren aufwärts in einigen Bereichen etwas bessere Quoten. Anteilsmäßig sind sie bei den Nennungen wie Reifenprofil, Ölstand, Reifenluftdruck und Bremsanlage entsprechend häufiger vertreten. Insbesondere bei der Prüfung des Reifenprofils fällt auf, dass die Fahrer unter 20 deutlich weniger zu dieser Prüfung tendieren. Dies wird nochmals bei Betrachtung der Antworten verschiedener Berufsgruppen bestätigt. Denn die Auszubildenden unter den Motorradfahrern prüfen im Vergleich zu den Berufstätigen deutlich weniger. Der Einfluss des Alters und der damit verbundenen Erfahrung ist somit von erkennbarer Bedeutung.

Zur generellen Überprüfung, inwieweit sicherheitsrelevantes Fachwissen vorhanden ist, wurde die Frage nach der gesetzlich vorgeschriebenen Mindestprofiltiefe gestellt. Knapp 56 Prozent haben mit 1,6 mm die richtige Antwort gegeben. Diejenigen, die glauben, diese Mindestgrenze unterschreiten zu können, stellen einen Anteil von knapp 21 Prozent.

Beim Alter der Befragten kann festgehalten werden, dass insbesondere die Fahrer der Altersklasse unter 20 Jahren hier am besten abgeschnitten haben, gefolgt von der Altersklasse der „bis 30-Jährigen“. Anscheinend ist das vermittelte Wissen aus der Fahrschule noch präsenter als bei den Älteren. Bestätigt wird dies ebenfalls bei dem relationalen Vergleich der Antworten in Bezug zum Beruf. Die Auszubildenden wissen hier häufig besser Bescheid und überragen mit speziellem Basisfachwissen die anderen Gruppen, insbesondere die der Akademiker.

2. Sicherheit

2.1 Relevanz des Themas Sicherheit beim Motorradfahren

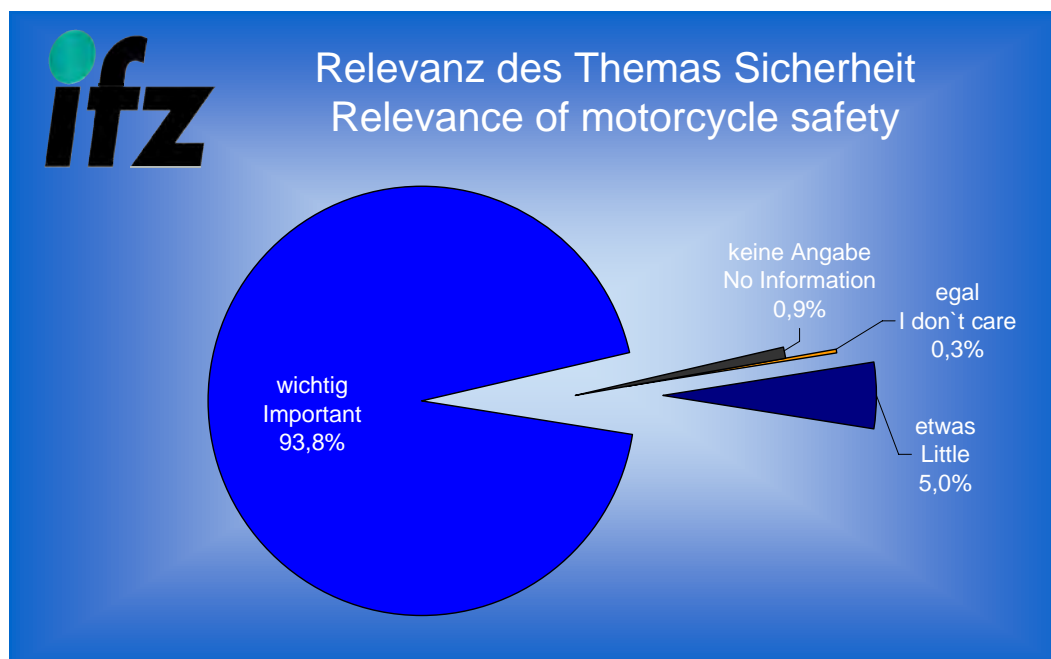


Abbildung 10

Nur 0,3 Prozent der Befragten interessieren sich überhaupt nicht für das Thema „Sicherheit“ im Straßenverkehr. Erfreulicherweise ist das Thema neben 5 Prozent, die wenigstens etwas Interesse zeigen, bei fast 94 Prozent der Befragten ein sehr wichtiges Thema.

Das Thema „Sicherheit“ gewinnt mit zunehmendem Alter etwas mehr an Bedeutung, ist aber auch bei den jüngeren Fahrern wichtig. Es ist außerdem in allen Berufsgruppen gleich stark vertreten.

2.2 Gründe der Wichtigkeit des Themas „Sicherheit“

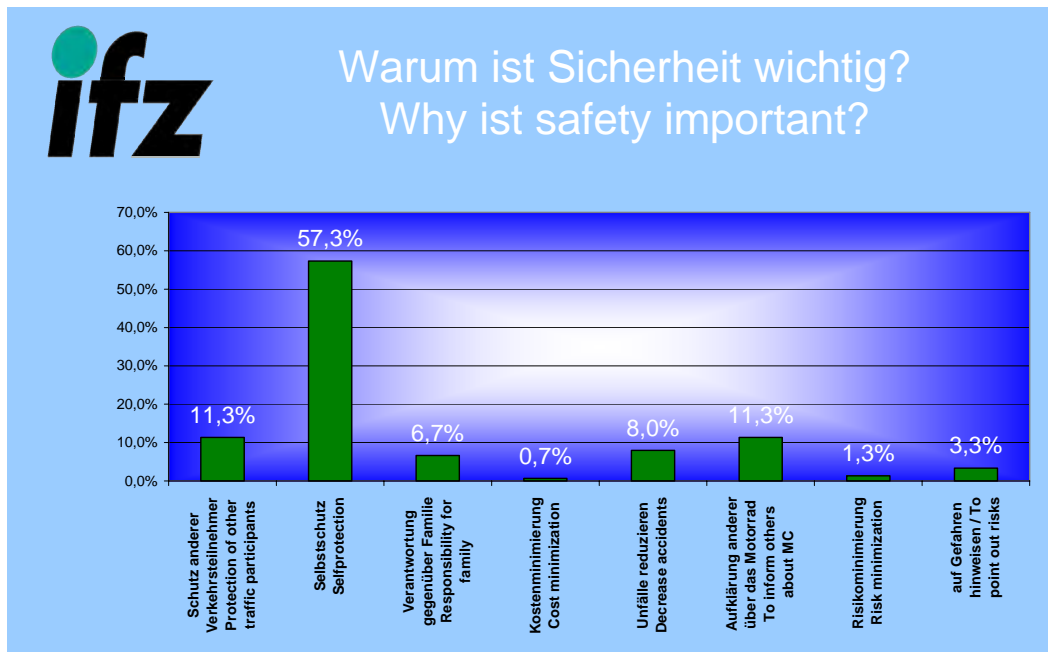


Abbildung 11

Bei der Frage, warum das Thema „Sicherheit“ ein wichtiges sei, dominieren die Antworten, die im Bereich des Oberbegriffes „Selbstschutz“ einzuordnen sind, klar mit (57,3%). Platz zwei teilen sich mit jeweils 11,3 Prozent die „Aufklärung anderer Verkehrsteilnehmer über das Motorrad und seine spezifischen Eigenschaften im Straßenbild“ und der „Schutz anderer Verkehrsteilnehmer“. Die „Unfallreduzierung“ und die „Verantwortung gegenüber der eigenen Familie“ sind ebenfalls oft genannte Antworten.

2.3 Häufigkeit eines Alleinunfalls

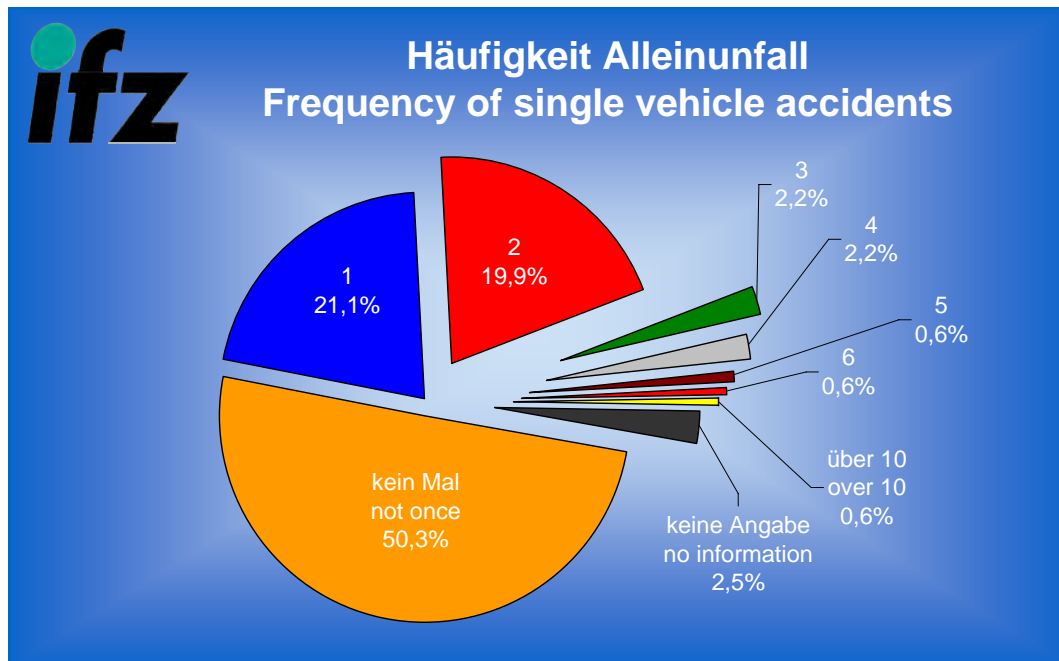


Abbildung 12

Die Hälfte des Kollektivs (50,3%) hatte noch keinen Alleinunfall. Je ein Fünftel hatte bereits einen (21,1%) oder sogar zwei (19,9%) Alleinunfälle.

Die Wenigfahrer bis 2.000 km im Jahr fallen durch eine geringere Häufigkeit bei den Alleinunfällen auf. Ebenso sieht es bei den Vielfahrern ab 20.000 km aus. Die meisten Alleinunfälle haben die Fahrer, die sich jährlich zwischen 5.000 und 15.000 km bewegen. Bei der Analyse nach Motorradtypen kann keine besondere Auffälligkeit beobachtet werden.

2.4 Häufigkeit eines Unfalls mit Fremdbeteiligung

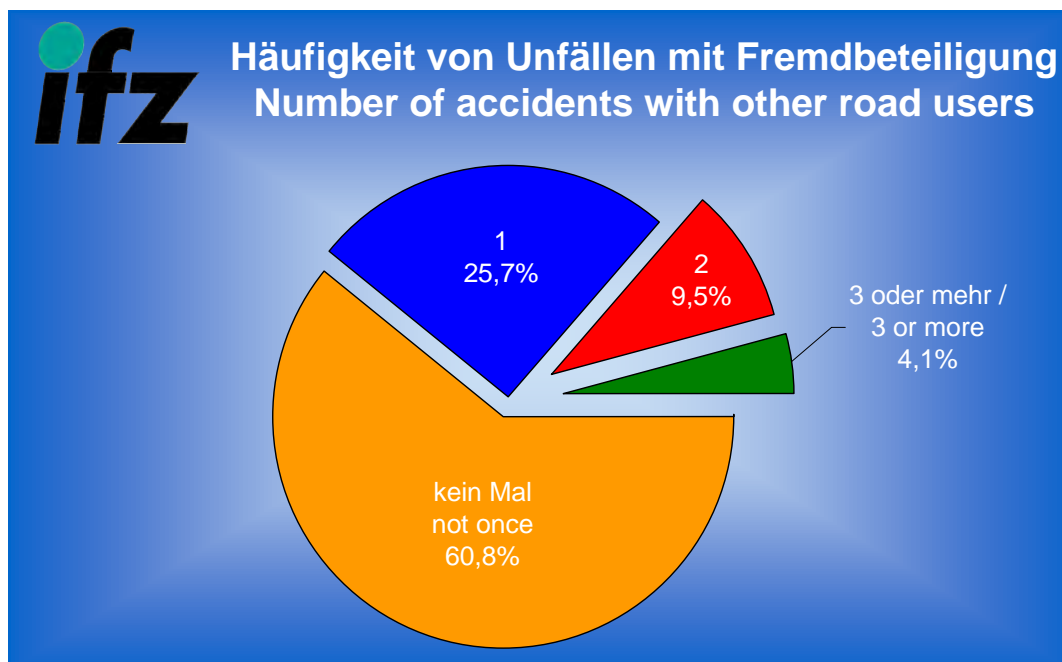


Abbildung 13

Fast drei Fünftel der Befragten hatten noch keinen Unfall mit Fremdbeteiligung. Ein Viertel aber schon einmal, fast 10 Prozent sogar schon 2 Unfälle.

Innerhalb der Altersgruppen ist keine besondere Gewichtung aufgefallen. Anteilsmäßig sind bei den Unfällen mit Fremdbeteiligung mehr Männer vertreten. Auch die Differenzierung nach dem Motorradtyp bringt keine signifikanten Unterschiede hervor.

Bei den Unfällen mit Fremdbeteiligung sind die Alltagsfahrer gegenüber den Freizeitfahrern häufiger vertreten. Ebenfalls haben die Alltagsfahrer diese Unfälle häufiger selbst verschuldet.

Unabhängig von einem Unfall mit Fremdbeteiligung sind das Interesse an ABS und das Informationsbedürfnis zum Thema „Sicherheit“ bei beiden Gruppen gleichermaßen hoch.

2.5 Selbsteinschätzung des eigenen Fahrkönnens

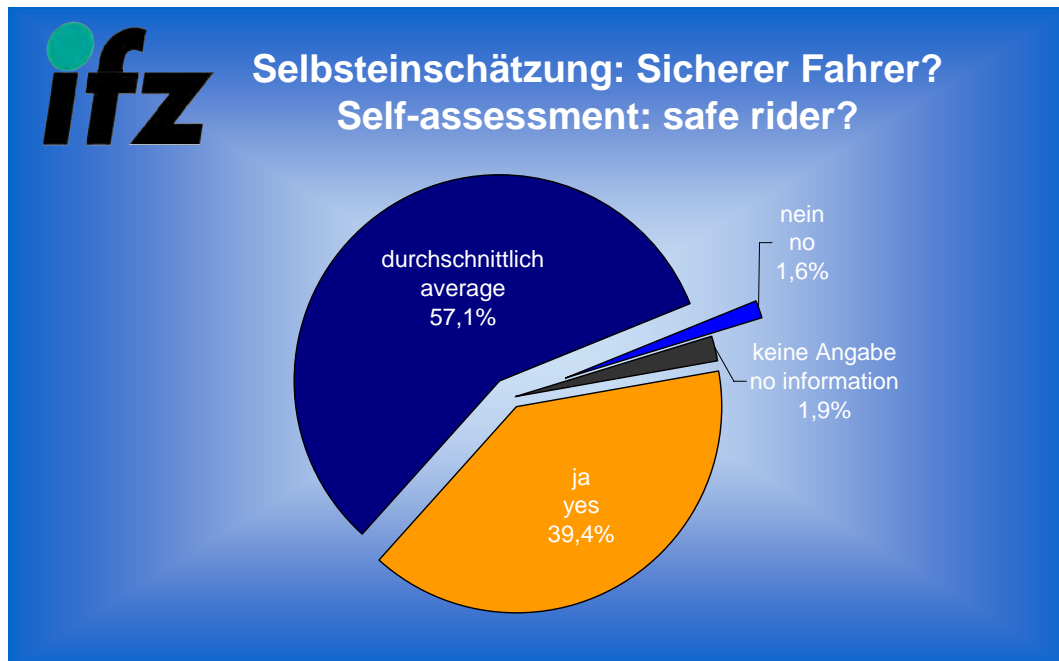


Abbildung 14

57 Prozent der befragten Motorradfahrer halten sich für einen eher durchschnittlich sicheren Fahrer. Nahezu 40 Prozent sind davon überzeugt, zu wissen, was sie tun und halten sich für einen sicheren Fahrer. 1,6 Prozent zählen sich zu den eher unsicheren Fahrern.

Das häufig verbreitete Vorurteil, dass sich jüngere Fahrer gerne selbst überschätzen und sich auf jeden Fall eher für einen sicheren Fahrer halten, konnte anhand der Ergebnisse dieser Studie nicht untermauert werden. Denn auch die Fahrer in den Altersgruppen von 18 bis 29 Jahren halten sich überwiegend für durchschnittlich sichere Fahrer.

Geschlechtsspezifisch gibt es nach den Auswertungen der Studie keine Unterschiede in den Angaben. Auch die Auswertung der einzelnen Berufsgruppen hat hier keine Besonderheiten gezeigt.

Die Motorradfahrer, die sich eher als sicheren Fahrer eingeschätzt haben, schneiden bei der Auswertung der Alleinunfälle hinsichtlich ihrer Häufigkeit nicht besser ab. Die Häufigkeit der Nennungen beim Alleinunfall stimmt hier mit den Angaben derjenigen nahezu überein, die sich eher für einen durchschnittlichen Fahrer halten. Beim Vergleich der Selbsteinschätzungen und den Unfällen mit Fremdbeteiligung zeigt sich ebenfalls ein konträrer Zusammenhang. Diejenigen, die sich als sicheren

Fahrer bezeichnen, nannten mehr Unfälle mit Fremdkontakt als die Fahrer, die sich eher durchschnittlich einschätzen.

Informationen zum Thema „Sicherheit“ sind sowohl für die Gruppe der Fahrer, die sich als sicheren Fahrer eingeschätzt haben (85,5%) als auch für die Gruppe der durchschnittlich guten Fahrer mit 83,5% fast gleich interessant.

Trends zeigen sich auch bei der Verknüpfung mit dem ABS-Interesse. „Selbstsichere Fahrer“ zeigen weniger ABS-Interesse als die sich „mittelmäßig“ einschätzenden Fahrer.

2.6 Risikogedanke beim Motorradfahren

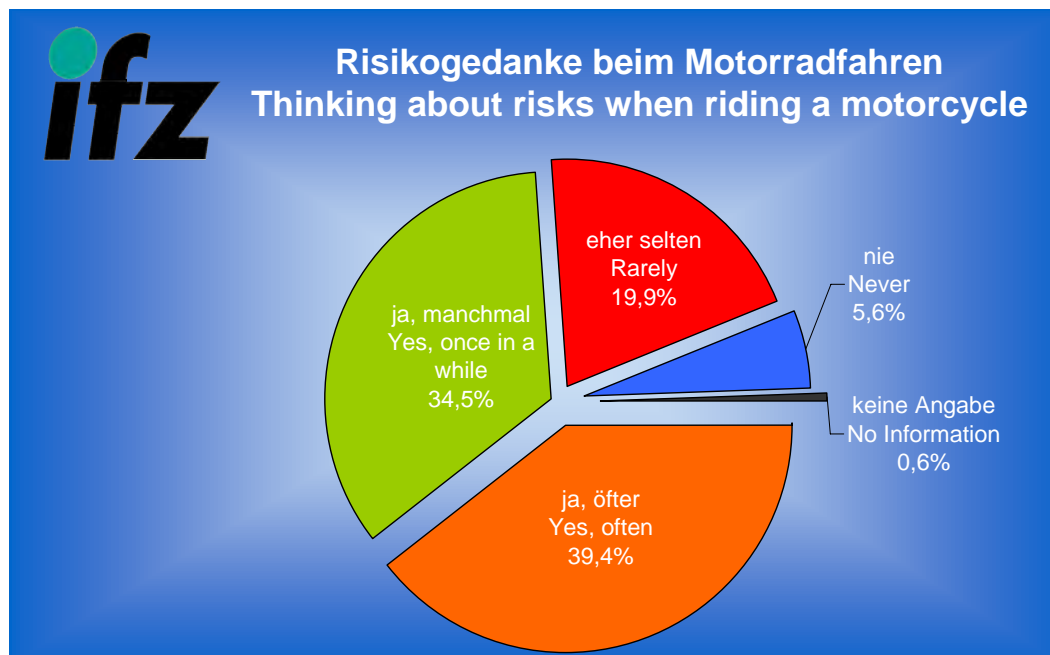


Abbildung 15

Fast 40 Prozent der Befragten denken beim Motorradfahren öfter an mögliche Risiken im Straßenverkehr. Weitere 35 Prozent denken gelegentlich daran. Während 20 Prozent nur selten an mögliche Gefahren denken, machen sich fast 6 Prozent gar keine Gedanken über mögliche Risiken.

Unter denen, die eher selten an mögliche Risiken während einer Motorradfahrt denken, ist der Anteil der jüngeren Fahrer (hier auch viele Auszubildende) fast doppelt so groß. Aussagen verschiedener älterer Studien belegen diese Tendenzen in der Risikowahrnehmung [6]. Beim Vergleich der Antworten

von Handwerkern und Akademikern fällt auf, dass die Akademiker häufiger an mögliche Risiken denken.

Ist die prozentuale Verteilung zwischen Männern und Frauen bezüglich der Risikogedanken „ja, öfter“, „ja, manchmal“ und „eher selten“ noch ziemlich identisch, verändert sie sich bei den Frauen in der Gruppe derer, die beim Fahren nie an mögliche Risiken denken, deutlich. So haben die befragten Frauen doppelt so häufig keine Risikogedanken beim Motorradfahren wie die Männer.

Häufige Gedanken an Risiken während des Motorradfahrens sind bei den Alltagsfahrern im Vergleich zu den Freizeitfahrern stärker ausgeprägt (56% zu 35%).

2.7 Häufigste Risikogedanken beim Motorradfahren

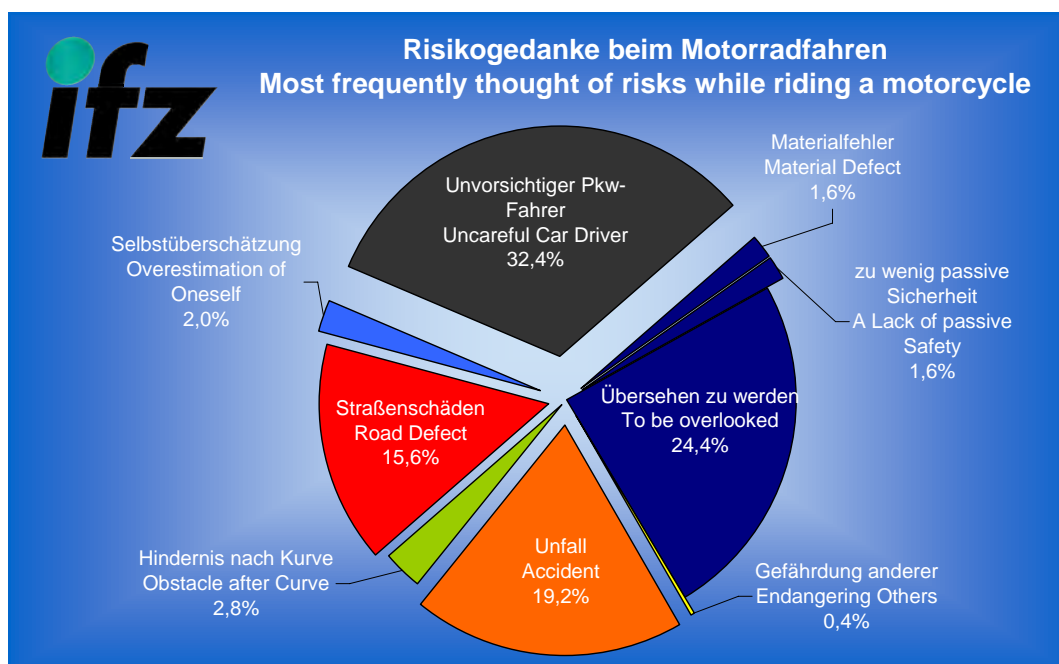


Abbildung 16

Die Angst vor einem Pkw-Fahrer, der das Motorrad übersehen könnte, dominiert (32,4%) bei der Frage, um welche Gedanken es sich bei einem möglichen Risiko handeln würde. In Anlehnung an den unvorsichtigen Pkw-Fahrer finden wir ergänzend die ebenfalls recht häufig (24,4%) genannte Antwort „übersehen zu werden“. Neben dem schlicht einleuchtenden Gedanken an einen Unfall (19,2%) ist auch das Thema Straßenbau (15,6%) auffällig. Die Unfallursache für Motorradfahrer durch Straßenschäden ist anscheinend einigen Motorradfahrern gegenwärtig. Interessant ist, dass ein potenzieller

Materialfehler kaum Beachtung findet, was sich bei Motorradfahrern eher negativ auswirken würde als bei einem Pkw. Das Vertrauen in die Technik und die eigene Wartung scheint hier ziemlich hoch zu sein – mit Recht, wie Unfallstatistiken (z. B. die europäische Unfallstudie MAIDS, [7]) belegen. Materialfehler sind in der Rangfolge der Unfallursache eher weiter hinten zu finden.

Der Gedanke an einen Unfall ist insbesondere in der Altersklasse zwischen 29 und 39 recht stark ausgeprägt. Eine mögliche Begründung wäre hier eventuell die durchschnittlich beginnende Familiengründung. Die Angst vor unachtsamen Pkw-Fahrern bzw. übersehen zu werden, ist zwar altersspezifisch gleich verteilt, wird aber von Alltagsfahrern öfter genannt. Das Gefühl der Bedrohung durch potenzielle Straßenschäden steigt mit dem Alter, was sich wiederum aus der größeren Erfahrung mit zunehmendem Alter ableiten lässt.

2.8 Interesse an Sicherheitsinformationen auf Messen / Veranstaltungen

Drei Viertel (75,5%) der Befragten achten gezielt auf Informationen zum Thema Sicherheit, wenn sie eine Motorradveranstaltung besuchen. Mit steigender Tendenz kann ein kleiner Unterschied beim Schulabschluss hinsichtlich der Wichtigkeit von Informationen zum Thema Sicherheit eingeräumt werden. 81 Prozent der Hauptschulabgänger haben Interesse an Sicherheitsinfos auf Motorradveranstaltungen, bei den Hochschulabsolventen 89 Prozent.

Ergänzend kann festgehalten werden, dass das allgemeine Informationsbedürfnis zum Thema Sicherheit bei allen Fahrern verschiedener Motorradtypen gleich hoch angesiedelt ist.

2.9 Interesse an Sicherheitsfeatures beim Motorradkauf

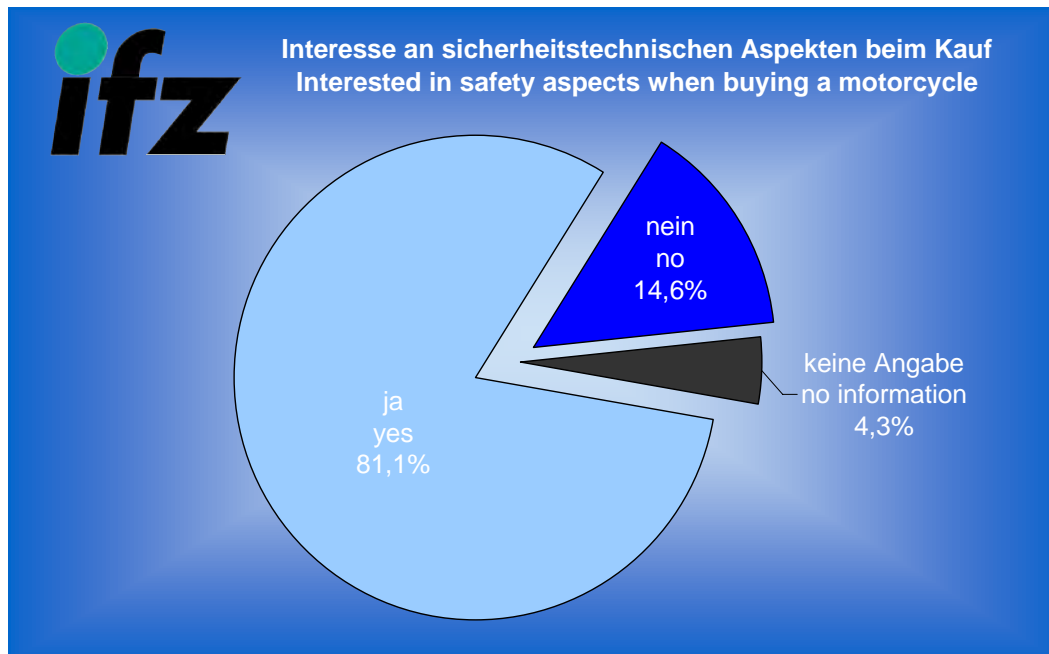


Abbildung 17

Über 80 Prozent der Befragten achten beim Kauf eines Motorrades auf sicherheitstechnische Aspekte. Nahezu 89 Prozent derjenigen, die ein Interesse an Sicherheitsfeatures beim Motorradkauf haben, informieren sich auch über das Thema Sicherheit auf Messen und Veranstaltungen.

Insbesondere die Fahrer von Choppern und Cruisern haben hier deutlich weniger Interesse und sind deshalb nicht so häufig vertreten.

Die Auswertungen im Rahmen der Kreuztabellen haben hinsichtlich verschiedener anderer Bereiche keine weiteren signifikanten Ergebnisse hervorgebracht.

2.10 ABS-Interesse

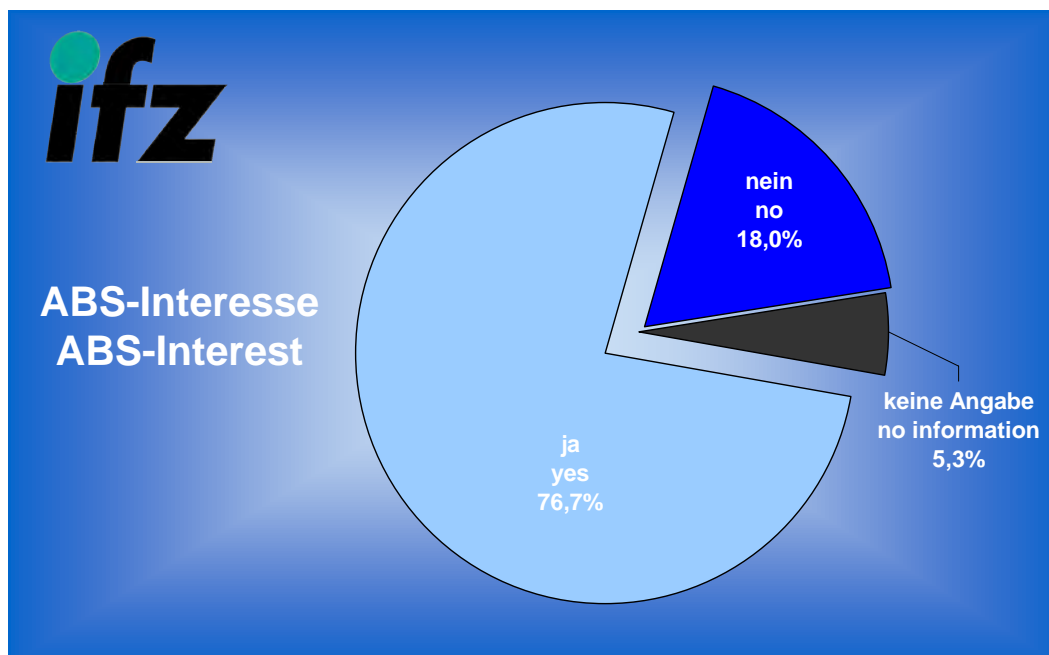


Abbildung 18

Der Großteil der Befragten interessiert sich zu fast 77 Prozent für ABS oder besitzt ein solches Bremsystem. Während die Altersgruppe zwischen 39 und 49 Jahren den absoluten Spitzenreiter mit ihrem Interesse am ABS bildet (47,2% innerhalb dieser Gruppe; 37,9% innerhalb aller Antworten der Studie), sind insbesondere die jüngeren Fahrer bis 29 Jahren nur mit 3,9 Prozent des Gesamtkollektivs interessiert. Schaut man auf die Verteilung innerhalb der Geschlechter, so interessieren sich prozentual mehr Männer (83%) als Frauen (68%) für ABS.

Bezüglich der Schulausbildung kann festgehalten werden, dass Hochschulabsolventen (87,2%) noch mehr Interesse haben als Hauptschulabgänger (71,2%). Beide befinden sich auf einem hohen Niveau. Dies kann bei der Analyse der Antworten innerhalb der Berufsgruppen bestätigt werden. Akademiker sind hier am häufigsten vertreten.

Bezüglich des Motorradtyps stellen die Chopper- und Cruiserfahrer die Gruppe mit dem geringsten Interesse an ABS, Alltagsfahrer zeigen deutlich mehr Interesse an einem Anti-Blockiersystem.

3. Motorradbekleidung/Helm

3.1 Tragen eigener Motorradbekleidung

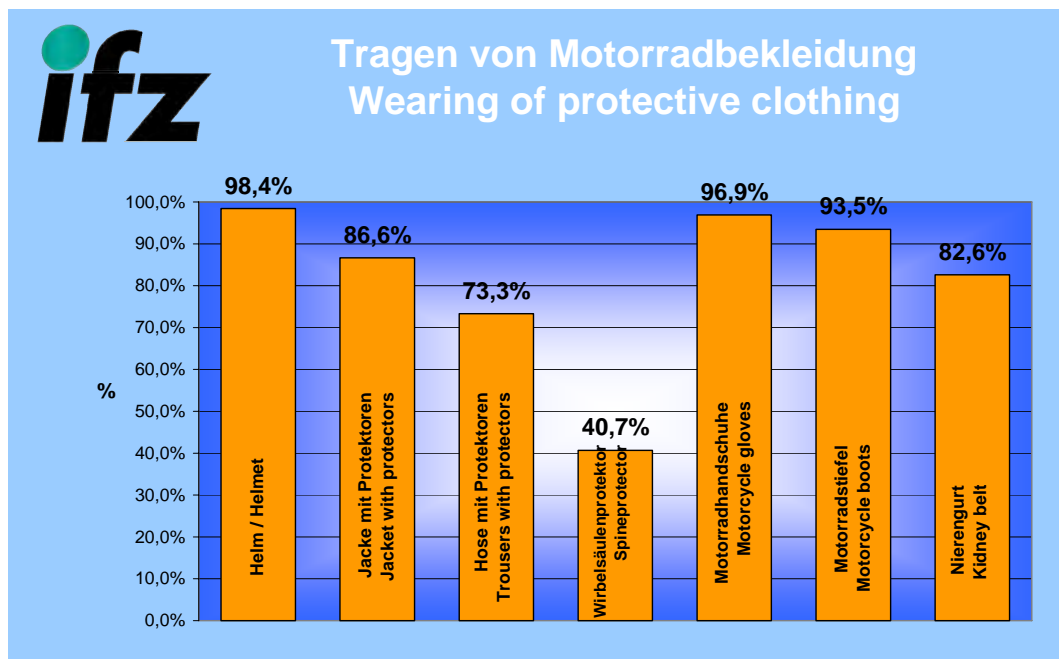


Abbildung 19

Wie die Auswertung des Trageverhaltens von Motorradbekleidung zeigt, nutzen 98,4 Prozent der Befragten einen Motorradhelm. Diese Zahl deckt sich mit Ergebnissen der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) bezüglich der Helmtragequoten [8]. Hiernach tragen 98 Prozent der Fahrer motorisierter Zweiräder einen Helm. Der Anteil der Befragten innerhalb der ifz-Studie, die ergänzend zum Helm eine Motorradjacke oder eine Motorradhose tragen, beträgt knapp 87 bzw. 73 Prozent. Die Tragequoten laut BASt-Studie lagen hier mit 62 Prozent deutlich niedriger. Fast 84 Prozent der befragten „Jackenträger“ verwenden zusätzlich auch eine Motorradhose.

Ebenso wie beim Helmtrageverhalten auch, ist die Tragequote für Motorradhandschuhe mit fast 97 Prozent sehr hoch. Das Tragen von Motorradschuhen oder -stiefeln kann mit 93,5 Prozent ebenfalls als gut bewertet werden.

41 Prozent der Befragten tragen einen separaten Wirbelsäulenprotektor. Auffallend ist hier bei der altersspezifischen Auswertung, dass dies mit steigendem Alter zunimmt. Dies ist auch bei dem Trageverhalten von Stiefeln erkennbar. Je höher das Fahreralter, desto eher werden Stiefel getragen.

Die von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) ermittelten Tragequoten lassen sich hiermit weitgehend bestätigen, wobei zu berücksichtigen ist, dass die BASt das Trageverhalten aller motorisierten Zweiradfahrer ausgewertet hat. Die vorliegende ifz-Studie geht jedoch nur auf die Motorradfahrer mit amtlich zugelassenen motorisierten Zweirädern ein. Die klein motorisierten Fahrzeuge mit Versicherungskennzeichen wie Mofa oder Roller wurden hier nicht untersucht.

Hinsichtlich der Schulbildung der Befragten gibt es beim Tragen von Motorradbekleidung und des Helms keine Unterschiede. Lediglich beim Tragen des Wirbelsäulenprotektors lässt sich von der Hauptschule bis hin zur Hochschule ein leichter prozentualer Anstieg erkennen. Auswertungen bezüglich der Berufsgruppen lassen erkennen, dass die Auszubildenden leicht schlechter abschneiden als die bereits seit längerer Zeit arbeitenden Motorradfahrer. Hier dürften die finanziellen Mittel eine entscheidende Rolle spielen. Alle Gruppen befinden sich jedoch auf einem beachtlich hohen Niveau, was das Tragen von Motorradbekleidung angeht.

Insbesondere diejenigen, die einen Wirbelsäulenprotektor nutzen, haben auffallend mehr Erfahrung aus Unfällen mit Fremdbeteiligung. Im Übrigen muss festgehalten werden, dass mit Ausnahme des Wirbelsäulenprotektors keine weiteren Zusammenhänge zwischen der jeweiligen Unfallererfahrung (Alleinunfall oder mit Fremdbeteiligung) und dem Tragen von Motorradbekleidungskomponenten nachgewiesen werden kann.

Bei der Vermutung, dass eventuell der Unfall eines guten Freundes oder Bekannten Einfluss auf das eigene Trageverhalten hätte, lassen sich keine verwertbaren Zusammenhänge ermitteln. Lediglich beim Wirbelsäulenprotektor und bei den Motorradstiefeln sind diejenigen, die Unfallererfahrung durch einen Freund gemacht haben, häufiger vertreten.

Die Verknüpfung des Tragens von Motorradbekleidung mit der Kontrolle von Füllmengen und Verschleißteilen am Motorrad lässt eine ganz leichte Tendenz erkennen. Je mehr jemand prüft, umso mehr Motorradbekleidungskomponenten werden auch getragen. Diejenigen, die Motorradfahren für gefährlich halten oder sich auch vermehrt für sicherheitsrelevante Themen auf Motorradmessen und -veranstaltungen interessieren, tragen in der Regel auch öfter entsprechende Motorradbekleidung. Der Besitz teurerer Motorradbekleidung korreliert außerdem mit einer leichten Tendenz, ein verstärktes Interesse an ABS zu haben.

In einem eindeutigen Zusammenhang stehen der Besitz von teurer Motorradbekleidung und die Teilnahme an einem Motorradfahrersicherheitstraining. Wer an einem oder mehreren Trainings teilnimmt, besitzt in der Regel auch teurere Motorradbekleidung.

Hinsichtlich des Trageverhaltens von Motorradbekleidung bei Alltags- und Freizeitfahrern kann festgestellt werden, dass es keine Unterschiede zwischen diesen beiden Gruppen gibt. Wie beim allgemeinen Trageverhalten zeigt sich auch hier, dass mehr Fahrer eine Motorradjacke als eine -hose tragen. Interessant ist die Erkenntnis, dass die Jahresfahrleistung der Befragten in keinem nennenswerten Zusammenhang mit dem Tragen von Motorradbekleidung steht. Kurzstrecken- oder „Wenigfahrer“ haben somit das gleiche Motorradbekleidungs-niveau wie Langstreckenfahrer.

Wie bereits festgestellt, können die Tragequoten innerhalb des Kollektivs als zufrieden stellend, aber dennoch als verbesserungswürdig bezeichnet werden. Bei der Verknüpfung mit den Ergebnissen des „Motorradtyps“ ist klar zu erkennen, dass die Fahrer des Motorradtyps „Chopper/Cruiser“ mit 68 Prozent Tragequote seltener eine mit Protektoren bestückte Motorradjacke besitzen als die Fahrer anderer Motorradtypen. Endurofahrer haben hier eine Tragequote von 96 Prozent, Tourenfahrer von 92 Prozent, gefolgt von den Sportmotorradfahrern mit 86 Prozent.

Im Vergleich zur Jacke schneidet die protektorenbesetzte Motorradhose beim Trageverhalten etwas schlechter ab. Auch hier sind die Chopper- und Cruiserfahrer, diesmal begleitet von den Fahrern der Kraftroller, deutlich seltener vertreten. Die Kraftrollerfahrer stellen ebenfalls beim Trageverhalten von Motorradstiefeln (67%) die schwächste Gruppe dar.

50 Prozent des Kollektivs tragen Motorradbekleidung aus textilen Materialien, 14 Prozent bevorzugen einen Materialmix, während 33 Prozent auf Leder schwören. Weniger als 1 Prozent besitzt beides oder nutzt dies im Wechsel.

Diejenigen, die sehr häufig einen Beifahrer auf ihrem Motorrad mitnehmen, tragen in Relation zu denen, die dies nur ab und zu oder nie tun, öfter komplette oder teilweise Motorradbekleidung. Auch der Beifahrer ist bei diesen besser mit entsprechender Bekleidung ausgestattet als bei jenen, die nur gelegentlich jemanden mitnehmen.

3.2 Motorradbekleidung bei Sozius und Sozia

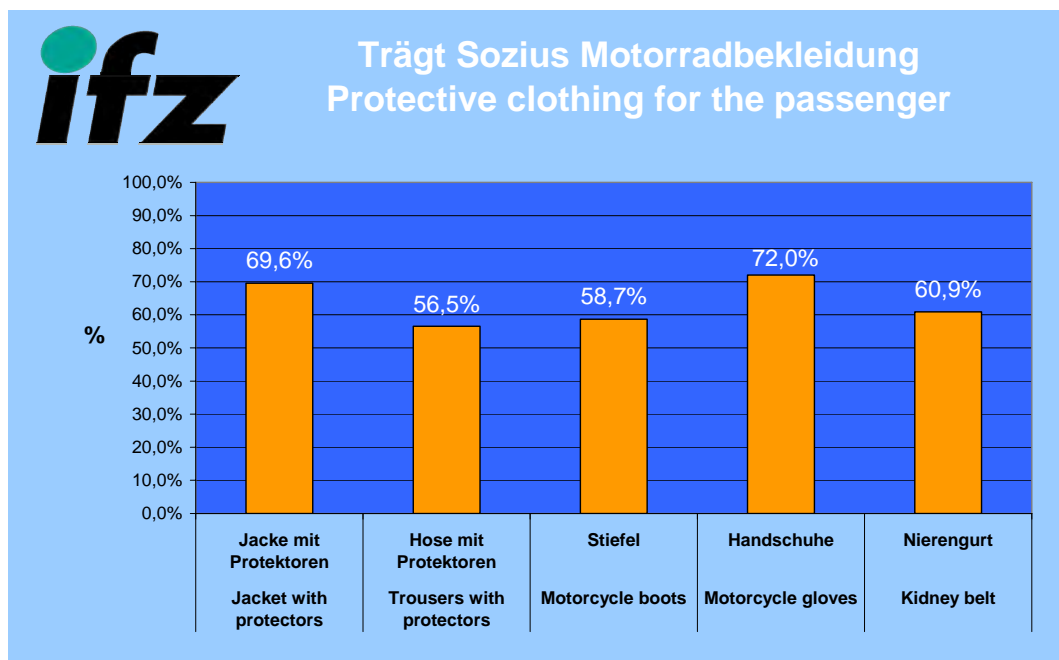


Abbildung 20

Bei der Auswertung der Ergebnisse, ob der Sozius mit Motorradbekleidung ausgestattet ist, zeichnet sich ein ähnliches Bild wie bei den Fahrern ab. Neben einem Helms benutzen nahezu 70 Prozent der Beifahrer eine Jacke mit Protektoren. 56 Prozent tragen eine entsprechende Motorradhose. Knapp 81 Prozent der Jackenträger besitzen somit zusätzlich auch eine Hose mit Protektoren. Diejenigen, die beides tragen, erreichen einen Anteil von 56 Prozent. Ähnlich wie bei den Fahrern ist das Tragen von Motorradhandschuhen (72%) und Stiefeln (59%) recht stark verbreitet, hinkt aber den Quoten der Fahrer deutlich hinterher.

Bei der berufsspezifischen Auswertung kann festgestellt werden, dass bei den Angaben der Auszubildenden im Gegensatz zu anderen Berufsgruppen deutlich weniger Beifahrer eine Jacke oder Hose tragen. Gleiches ist bei den Angaben zum Tragen von Motorradstiefeln zu beobachten. Auch hier dürften das Alter und auch die finanziellen Mittel eine große Rolle spielen.

Ferner ist zu beobachten, dass die Beifahrer derjenigen, die sich selbst für einen sicheren Fahrer halten, in Relation weniger Motorradbekleidung tragen als diejenigen, deren Fahrer sich eher für durchschnittlich halten.

Gleiches gilt für diejenigen, die Motorradfahren nicht für gefährlich halten, bzw. nicht für gefährlicher als Autofahren. Deren Beifahrer tragen in allen Bereichen deutlich weniger Motorradbekleidung als die der Fahrer, die Motorradfahren mit Risiken verbunden sehen.

Ebenfalls sind auch die Beifahrer, die beim Motorradfahren öfter an mögliche Risiken denken, bekleidungs-technisch besser ausgestattet. Dieses Bekleidungs-niveau nimmt bis hin zu den Fahrern, die nie an mögliche Risiken denken, drastisch ab.

3.3 Bevorzugter Farbton und Relevanz des Aussehens der Motorradbekleidung

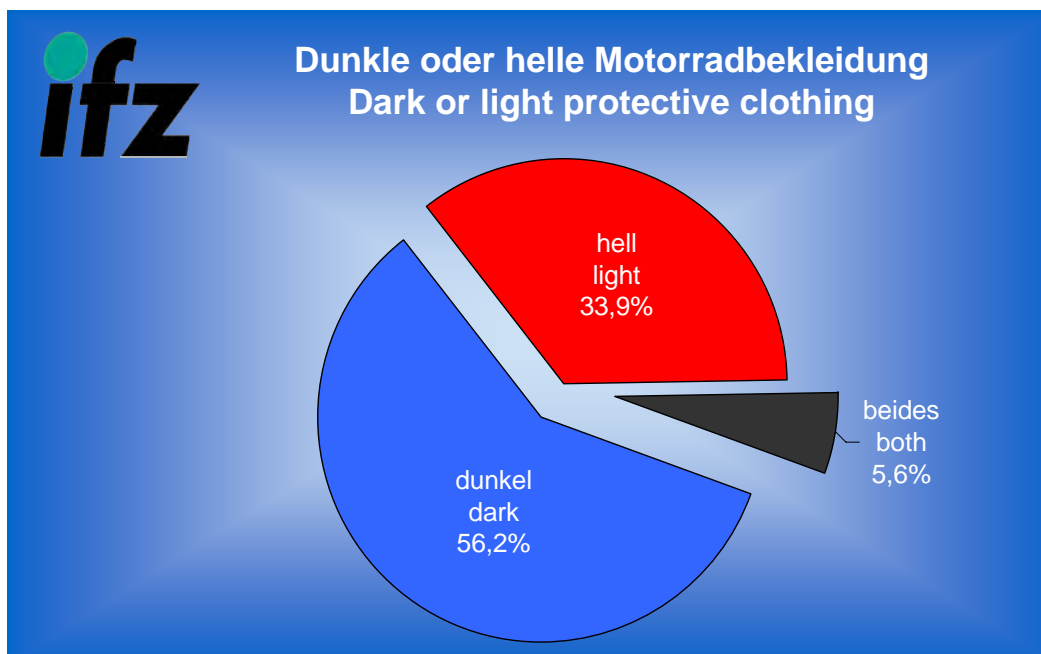


Abbildung 21

Über 56 Prozent der befragten Motorradfahrer tragen dunkle Motorradbekleidung. Knapp über ein Drittel entscheidet sich bewusst für die helleren Varianten. Auch in dieser Hinsicht sollte verstärkt Aufklärung unter den Motorradfahrerinnen und Motorradfahrern betrieben und ihnen die Vorteile einer helleren und bunteren Bekleidung in Bezug auf die bessere Erkennbarkeit im Straßenverkehr vor Augen geführt werden.

Für fast 28 Prozent ist das Aussehen ihrer Motorradbekleidung sehr wichtig. Der Großteil liegt mit 60 Prozent im Mittelfeld. Für diese ist das Aussehen weder maßgeblich noch egal. Für weitere 12 Prozent ist das Aussehen völlig unbedeutend.

Je älter die Befragten sind, umso mehr ist eine eindeutige Abnahme der Wichtigkeit des Aussehens erkennbar. Interessant ist, dass anteilmäßig doppelt so viele Frauen wie Männer das Aussehen ihrer Motorradbekleidung für sehr wichtig halten.

3.4 Neukauf von Motorradbekleidung

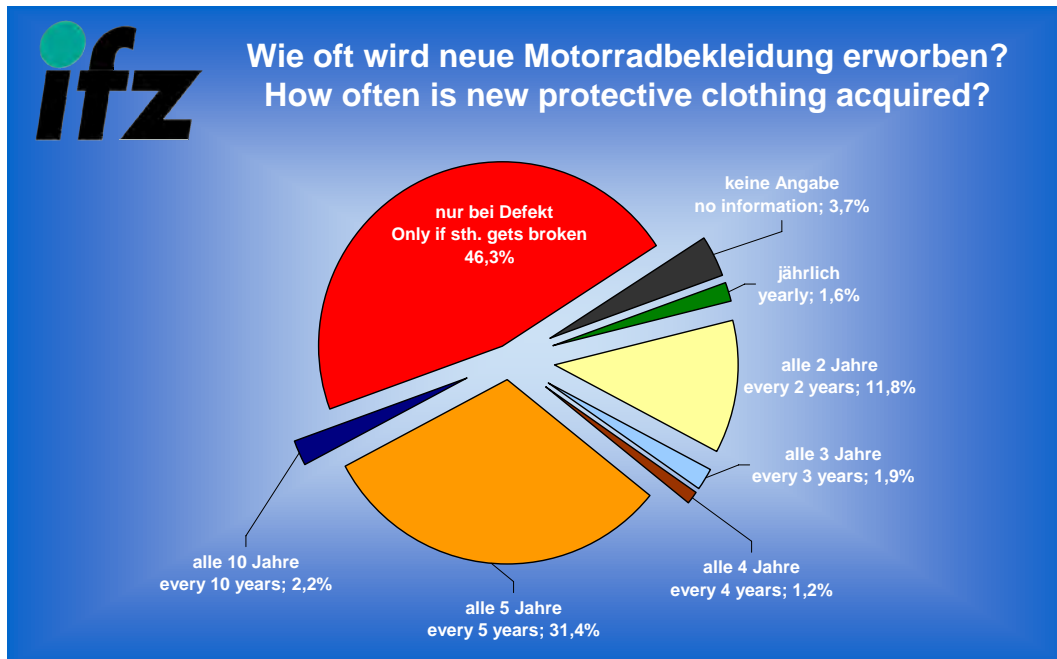


Abbildung 22

Annähernd die Hälfte des Kollektivs erwirbt erst neue Motorradbekleidung, wenn die alte unbrauchbar ist. Ein weiterer Großteil (31,4%) denkt regelmäßig alle fünf Jahre daran, seine Ausrüstung zu erneuern. Nur etwa ein Sechstel aller Befragten erneuert innerhalb von vier Jahren die eigene Motorradbekleidung.

In Relation zum Alter ist festzustellen, dass die jüngeren Fahrer unter 20 Jahren anteilmäßig deutlich mehr in der Gruppe derjenigen zu finden sind, die ihre Motorradbekleidung erst dann austauschen, wenn etwas defekt ist. Analysiert man die Erneuerungsintervalle hinsichtlich der Unterscheidung nach Alltags- und Freizeitfahrern, so sind in Bezug auf das Erneuern von Helm und Bekleidung keine signifikanten Unterschiede erkennbar.

Eine leicht sinkende Tendenz ist beim Zusammenhang zwischen den Erneuerungsintervallen der Motorradbekleidung und dem Interesse an ABS zu beobachten. Beispielsweise haben alle, die ihre Be-

kleidung in recht kurzen Intervallen erneuern, also alle ein bis drei Jahre, ein nahezu 100-prozentiges Interesse an ABS. Je länger die Intervalle andauern (bis hin zu 10 Jahren oder nur wenn etwas defekt ist), sinkt auch das Interesse an ABS.

3.5 Investitionsvolumen beim Motorradbekleidungskauf

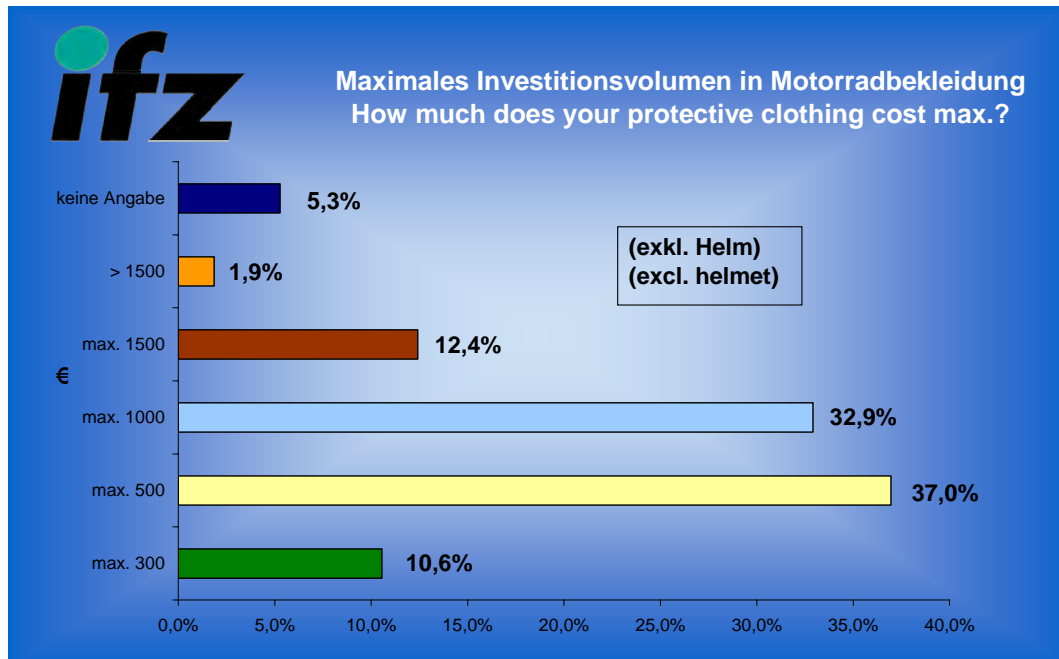


Abbildung 23

In Bezug auf die Frage, was Motorradbekleidung (ohne Helm) kosten darf, finden sich in der Auswertung zwei große Blöcke wieder. Mit 37 Prozent aller Befragten pendeln sich die Kosten in einem Intervall von 300 bis 500 Euro ein. Der zweite Block mit 33% bevorzugt Bekleidung, die zwischen 500 und maximal 1.000 Euro kosten darf. Der Anteil derjenigen, die über 1.500 Euro investieren, ist mit knapp unter 2 Prozent eher gering.

10 Prozent der Befragten möchten nicht mehr als 300 Euro ausgeben. In dieser Gruppe ist der Anteil jüngerer Fahrer (unter 20 Jahre) sehr hoch.

Diejenigen, die insbesondere beim Kauf ihrer Motorradbekleidung mehr Geld anlegen, tragen ihre vollständige Motorradbekleidung auch häufiger in Abhängigkeit von kürzeren Streckenlängen und höheren Außentemperaturen (siehe Abschnitt 3.9: Tragedisziplin).

3.6 Investitionsvolumen beim Motorradhelmkauf

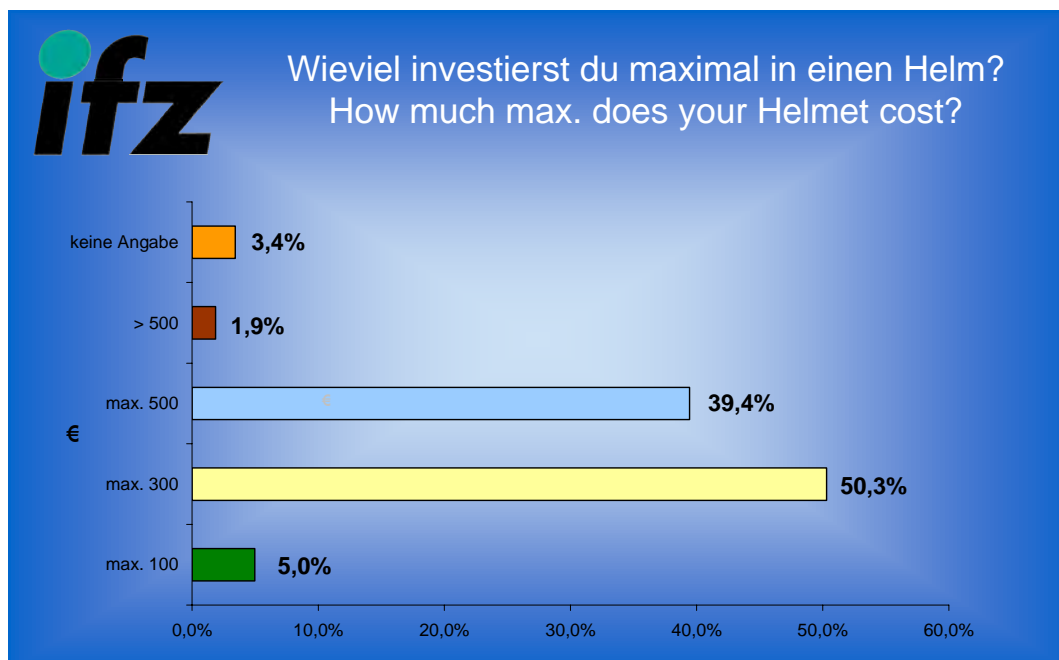


Abbildung 24

50 Prozent der befragten Motorradfahrer sind bereit, bis zu 300 Euro für einen Motorradhelm auszugeben. Weitere 39 Prozent investieren bis zu 500 Euro, knapp 2 Prozent über 500 Euro.

Die altersspezifische Auswertung zeigt, dass die Älteren – ähnlich wie beim Kaufverhalten der Motorradbekleidung – eher bereit sind, mehr Geld in einen Motorradhelm zu investieren.

3.7 Neukauf des Motorradhelms

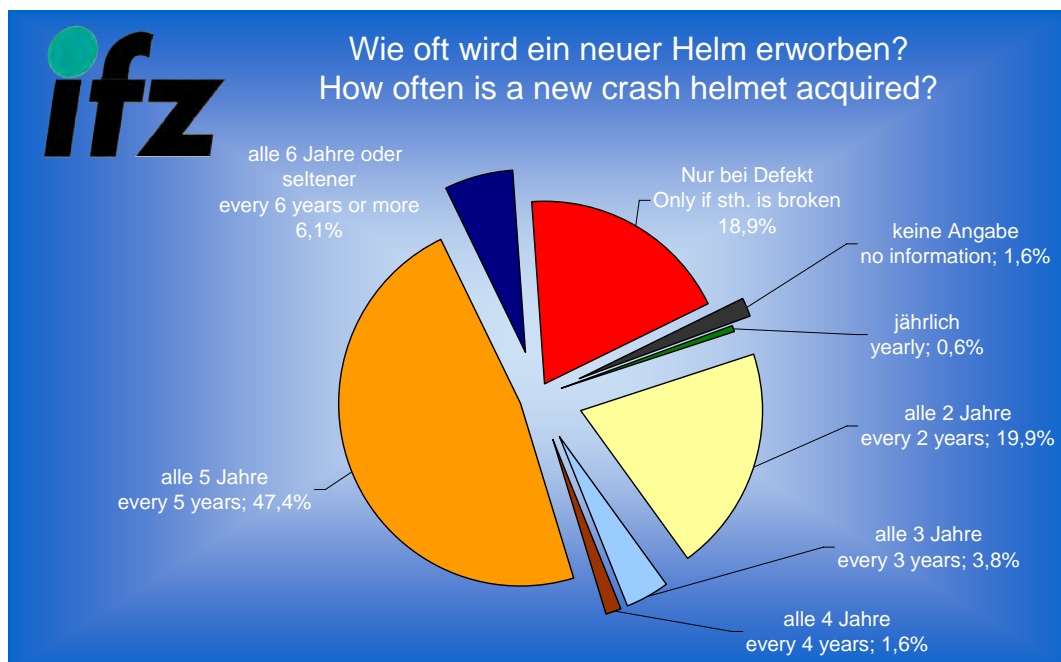


Abbildung 25

Fast die Hälfte der Befragten gibt an, alle fünf Jahre einen neuen Helm zu erwerben. Fast 20 Prozent tun dies sogar alle zwei Jahre. Ebenfalls knapp 20 Prozent erneuern nur, wenn etwas defekt ist. Bezüglich anderer Verhaltens- oder Einstellungsbereiche gibt es keine weiteren signifikanten Zusammenhänge.

Bei den Gründen, die für einen neuen Helm sprechen, halten sich die über Antworten Verschleiß, Alter und Sicherheit in etwa die Waage. Ein modebedingter Neuerwerb eines Motorradhelmes wird nur in 6,2 Prozent der Fälle angegeben und ist damit kaum von Bedeutung.

Bezüglich einer weiteren Frage nach der Häufigkeit des Helmvisierwechsels geben rund 80 Prozent der Befragten „gelegentlich“ an, knapp ein Fünftel „gar nicht“.

Wie in vielen anderen Bereichen kann festgehalten werden, dass in Zukunft noch mehr Aufklärung unter den Motorradfahrern erforderlich ist, um einen höchstmöglichen Level beim aktiven und passiven Unfallschutz zu erreichen.

3.8 Informationen vor dem Kauf neuer Motorradbekleidung (inkl. Helm)

87,3 Prozent aller Befragten informieren sich vor dem Kauf neuer Motorradbekleidung oder eines neuen Motorradhelms. Altersspezifisch ist dieses Verhalten ziemlich gleich. Lediglich bei 12,1 Prozent derjenigen, die sich eher nicht orientieren, sind verstärkt sehr junge Fahrer (unter 20 Jahre) sowie eher ältere Fahrer (über 50 Jahre) vertreten.

Geht es um die Informationsquellen vor dem Kauf neuer Motorradbekleidung, findet sich der Großteil (65,5%) der Antworten im Bereich der Händler, dicht gefolgt von Informationen aus der Presse (61,2%). Auch das Internet nimmt mit 50 Prozent keinen geringen Stellenwert ein. Trotz neuer Medien scheint die persönliche und fachlich kompetente Händlerberatung immer noch gefragt zu sein.

Altersspezifisch gibt es, was die Händlerberatung angeht, keine Unterschiede. Im Internet-Bereich fällt jedoch insbesondere die Altersgruppe der 30-Jährigen auf. Auf Auskünfte aus der Presse greifen eher die Älteren (ab 40 Jahre) zurück. Interessant ist, dass die Meinung des Freundeskreises eher für die jüngeren Fahrer bis 30 Jahre eine Rolle spielt. Die Erfahrenen verlassen sich hier anscheinend eher auf andere Informationsquellen.

Bei der vergleichenden Betrachtung der Informationsgewohnheiten der Geschlechter fällt auf, dass mehr Frauen Informationen von Händlern und Freunden oder Bekannten bevorzugen. Männer hingegen holen sich mehr Rat aus Presseinfos. Das Internet und verschiedene Einrichtungen der Verbraucherberatung werden von Männern und Frauen gleich stark frequentiert.

3.9 Tragedisziplin von Motorradbekleidung in Abhängigkeit von Wetter und Strecke

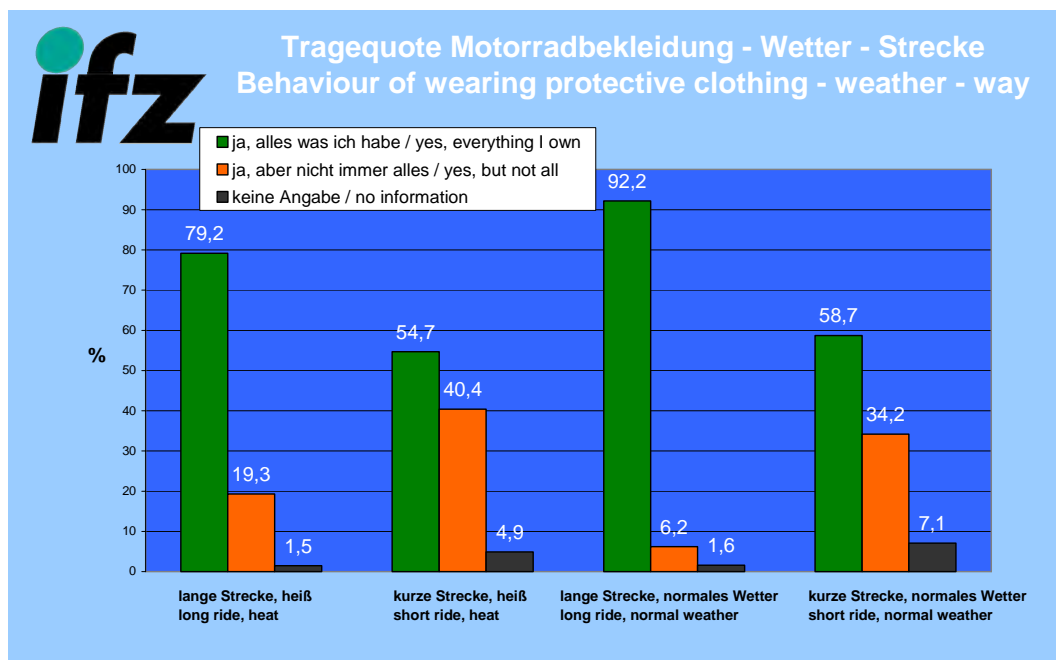


Abbildung 26

Viele Motorradfahrer sind bei hohen Außentemperaturen aufgrund unangenehmer Hitzeentwicklung durch ihre Motorradbekleidung bereit, auf diese oder auf Teile davon zu verzichten. Betrachtet man die Ergebnisse aus Abbildung 26, so fällt auf, dass entgegen landläufiger Meinung nicht nur die Außentemperatur entscheidend ist, sondern vor allem die mit dem Motorrad zurückgelegte Strecke. Der Einfluss der Streckenlänge auf das Bekleidungsverhalten der Motorradfahrer ist um zirka den Faktor 2 größer als der Einfluss der Außentemperatur.

Als eindeutiges Ergebnis kann festgehalten werden, dass Motorradfahrer eher gewillt sind, auf längeren Strecken entsprechende Bekleidung zu tragen als auf kürzeren Ausfahrten, beispielsweise zum „Baggersee um die Ecke“. Die Temperatur spielt hier nur eine sekundäre Rolle.

Der Verzicht auf Schutzkleidung resultiert aus der Zeitrelation zwischen dem Anlegen der Bekleidung und der Fahrdauer/-strecke. Es findet also eine Abwägung zwischen Komfort und Verzicht auf Körperschutz statt.

In Bezug auf das Alter der Fahrer fällt auf, dass insbesondere Fahrer ab 40 häufiger ihre Motorradbekleidung anlegen. In Relation verhalten sich Frauen insbesondere bei kurzen Strecken „vernünftiger“.

Speziell bei der Betrachtung der Berufsgruppen fällt auf, dass die Auszubildenden auf den kürzeren Strecken ohne ausreichende Motorradbekleidung unterwegs sind. Die bereits Erfahrenen – egal ob Handwerker oder Akademiker – sind öfter vertreten, wenn es darum geht, auch auf kurzen Strecken Motorradbekleidung zu tragen.

In Abhängigkeit zur zurückgelegten Strecke und zum Wetter kann festgehalten werden, dass diejenigen, die beim Motorradfahren öfter an mögliche Risiken denken, häufiger Motorradbekleidung tragen als die, die solche Gedanken nicht haben. Die Differenzierung nach Alltags- und Freizeitfahrern erbringt hier keine auffälligen Unterschiede zwischen diesen beiden Fahrergruppen.

Bei der Auswertung des Trageverhaltens der Motorradbekleidung in Bezug zur Strecke und zum Wetter kann hinsichtlich des Motorradtyps kein signifikanter Unterschied zwischen den Fahrern von Enduros, Kraftrollern, Touren- und Sportmotorrädern festgestellt werden. Die einzige Ausnahme bilden die Chopper- und Cruiserfahrer, die im Gegensatz zu den anderen Gruppen deutlich eher bereit sind, auf Motorradbekleidung zu verzichten.

Ein Zusammenhang zwischen dem Trageverhalten von Motorradbekleidung (in Relation zur Strecke und zum Wetter) zum erlebten Unfallgeschehen kann nicht nachgewiesen werden.

4. Training

4.1 Teilnahme am Motorradfahrersicherheitstraining

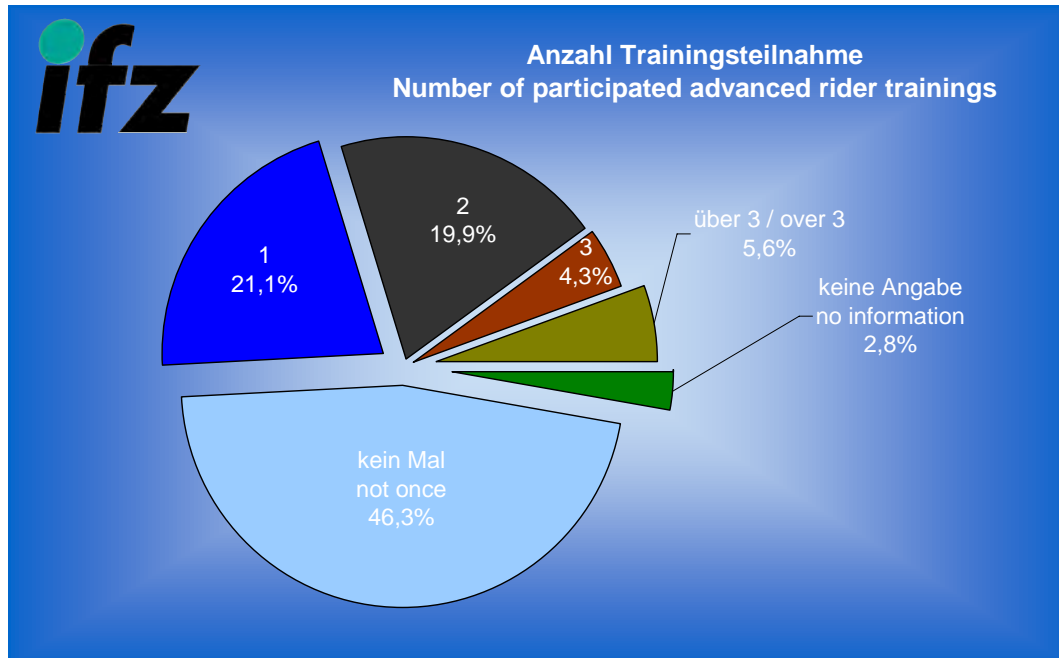


Abbildung 27

Auf die Frage, wie oft jemand an einem Fahrersicherheitstraining für Motorräder teilgenommen hat, antwortete fast die Hälfte der Befragten (46,3%), noch kein Training absolviert zu haben. Nur etwas mehr als ein Fünftel (21,2%) hat bereits einmal an einem Motorradfahrersicherheitstraining teilgenommen, ein weiteres Fünftel (19,9%) sogar zwei Mal.

Bei denen, die einmal oder mehrmals Trainings durchgeführt haben, liegt keine Nennung aus der Altersgruppe der unter 20-Jährigen vor. Betrachtet man unter Berücksichtigung der einzelnen Berufsgruppen gezielt diejenigen, die erst einmal oder noch nie an einem Motorradfahrersicherheitstraining teilgenommen haben, so sind die Auszubildenden in beiden Bereichen unterrepräsentiert. Es fällt auf, dass die Trainingsteilnahme mit steigendem Alter stark zunimmt.

Zwischen Männern und Frauen ist kein signifikanter Unterschied zu verzeichnen. Unabhängig von einer Trainingsteilnahme ist das Interesse am Thema „Sicherheit“ gleich groß.

Bei dem Zusammenhang zwischen Motorradtyp und der Teilnahme an einem Training kann festgehalten werden, dass überdurchschnittlich viele Fahrer von Touren- und Sportmotorrädern schon einmal

an einem Motorradfahrersicherheitstraining teilgenommen haben. Eine Differenzierung der Trainingsarten (Rennstrecke, Touren, Gelände und weitere) wurde nicht vorgenommen.

Bei denjenigen, die ein Training absolviert haben, ist ein größeres ABS-Interesse vorhanden. Vergleicht man die Gruppen der Alltags- und Freizeitfahrer mit dem Teilnahmeverhalten an Motorradfahrersicherheitstraining, so lässt sich hier kein Unterschied ausmachen.

Eine Aussage bezüglich der Beziehung zwischen der Teilnahme an einem Motorradfahrersicherheitstraining und der eigenen Unfallerfahrung kann hier nicht analysiert werden, da keine Informationen über den Zeitpunkt (vor/nach Unfall) vorliegen.

4.2 Gründe für die Trainingsteilnahme

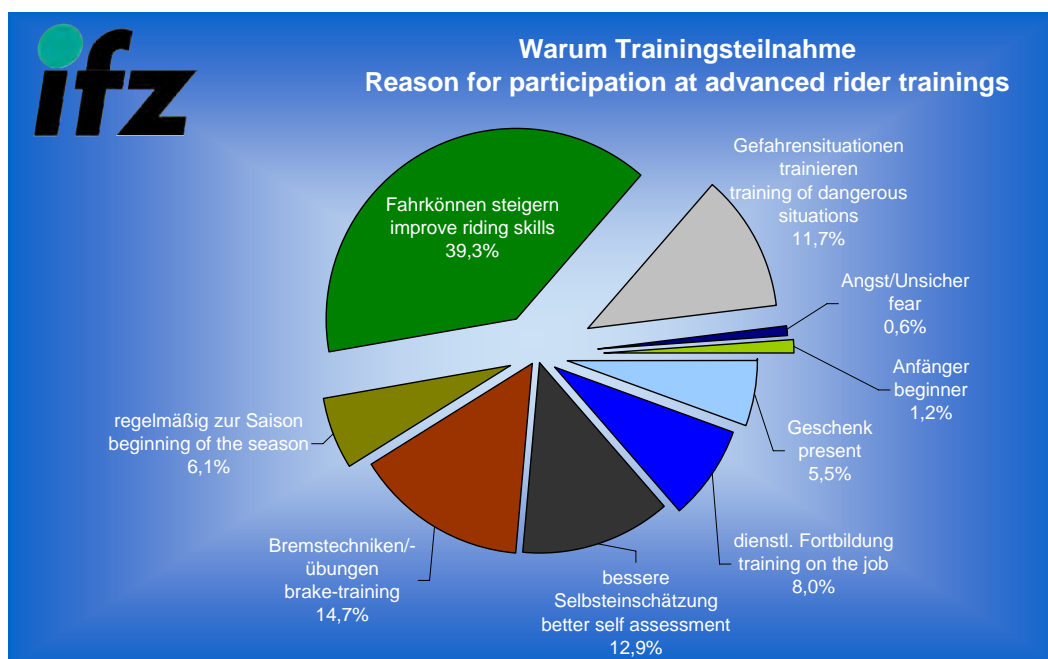


Abbildung 28

Das Motiv von fast 40 Prozent der Teilnehmer von Motorradfahrersicherheitstrainings liegt darin, das eigene Fahrkönnen zu steigern und eine bessere Selbsteinschätzung zu erlangen (12,9%). Gefahrensituationen zu trainieren ist das Motiv von 26,4 Prozent der Teilnehmer, wovon 14,7 Prozent speziell auf Bremsübungen abzielen. Für 8 Prozent der Befragten war die Trainingsteilnahme eine berufliche Fortbildung oder eine über die zuständige Berufsgenossenschaft (BG) inspirierte Teilnahme. Für 6,1 Prozent gehört ein Training zum Start in die Motorradsaison eines jeden Jahres dazu.

4.3 Gründe für die Nichtteilnahme an einem Training

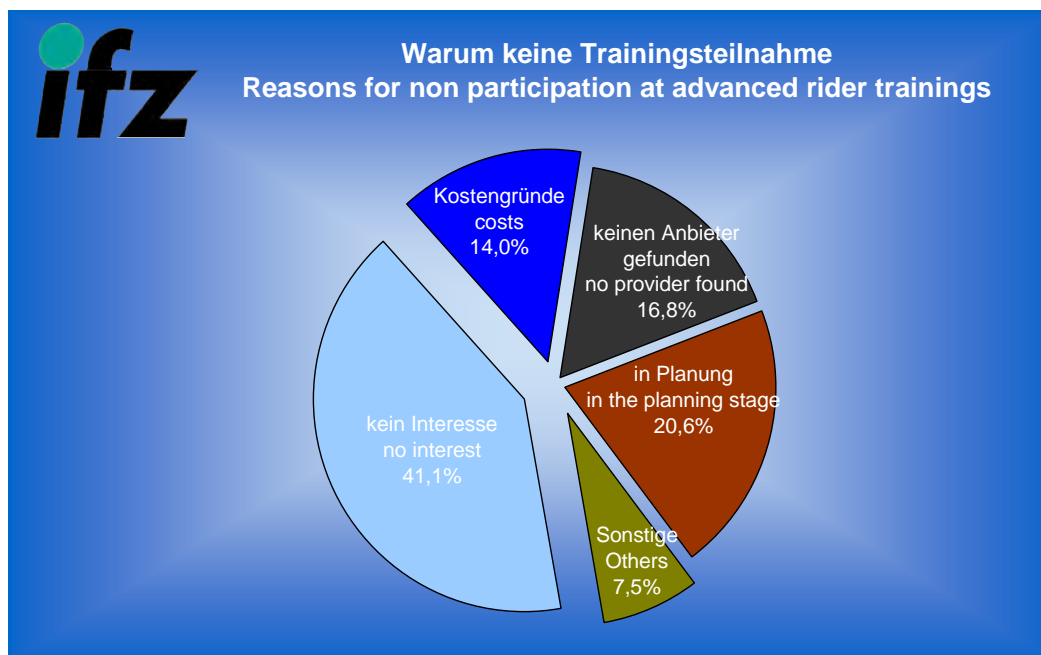


Abbildung 29

Der Großteil der Befragten gibt auf die Frage, warum sie noch an keinem Training teilgenommen haben, mangelndes Interesse an Motorradsicherheitstrainings an (41,1%). 20 Prozent planen, ein Training in Angriff zu nehmen. Während fast 17 Prozent keinen passenden Anbieter in ihrer Nähe gefunden haben, möchten 14 Prozent aus Kostengründen kein Training absolvieren.

4.4 Trainingssuche: Genutzte Informationsquellen

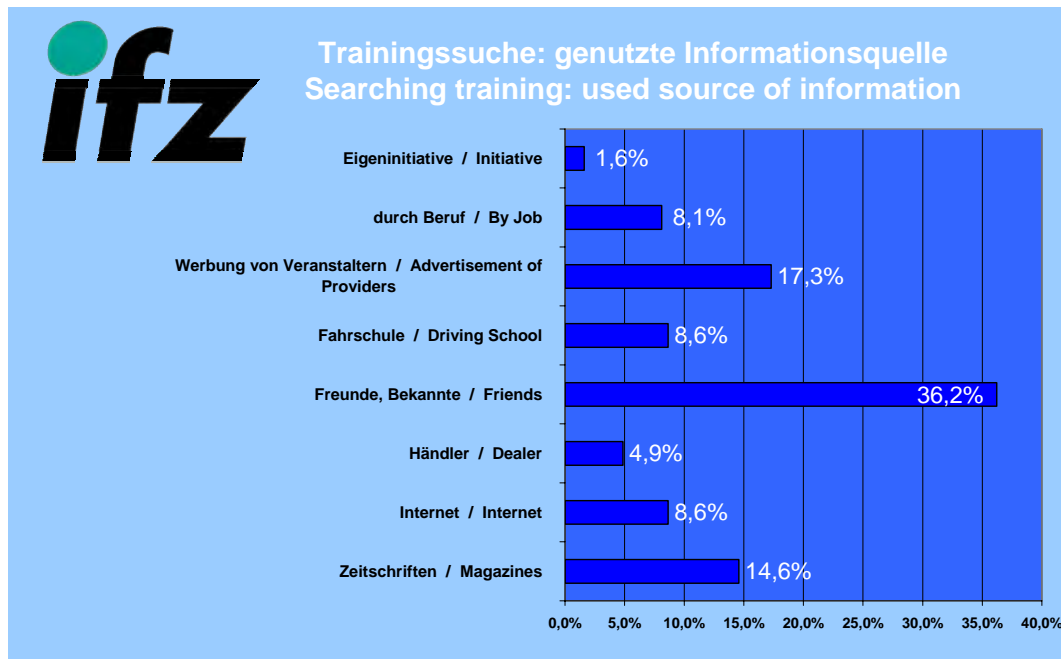


Abbildung 30

36,2 Prozent derjenigen, die bereits an einem Motorradsicherheitstraining teilgenommen haben, sind darauf durch Freunde und Bekannte aufmerksam geworden. Als zweitgrößte Informationsquelle findet sich mit 17,3 Prozent ein Block mit der Werbung von Veranstaltern – bei dem das ifz mit seiner jährlichen Trainings-Broschüre inbegriffen ist. 14,6 Prozent der Befragten informieren sich diesbezüglich in Zeitschriften, während alle übrigen Informationsquellen jeweils unter 10 Prozent liegen.

Die älteren Fahrer greifen generell mehr auf Informationen aus Zeitschriften und dem Internet sowie von Händlern zurück, die jüngeren Fahrer werden in den Fahrschulen erreicht. Insbesondere die Altersklasse der 40- bis 49-Jährigen erhält zu fast 90 Prozent von Motorradhändlern Informationen zum Motorradsicherheitstraining.

Ähnlich wie bei den Informationen vor dem Kauf neuer Motorradbekleidung holen sich Frauen ihre Informationen über eine mögliche Trainingsteilnahme bei Freunden und Bekannten, Männer dagegen per Zeitschriften und Internet.

Aus dem Vergleich der Berufsgruppen geht hervor, dass Fachmagazine eher von Akademikern als Informationsquelle genutzt werden, dagegen nutzen Handwerker lieber das Internet und die Hilfe von Freunden. Bei den Auszubildenden wird die Werbebotschaft von Trainingsveranstaltern überwiegend als auslösender Faktor für ein Training genannt.

Teil III – Zusammenfassung

Alle Kreuzvergleiche zwischen den Antworten der verschiedenen Themenbereiche dieser Studie lassen keinen signifikanten Unterschied zwischen ländlichem oder städtischem Wohnumfeld der Befragten erkennen.

„Sicherheit und Motorradfahren“ allgemein

Nur 0,3 Prozent der Befragten interessieren sich überhaupt nicht für das Thema „Sicherheit im Straßenverkehr“. Neben 5 Prozent, die wenigstens etwas Interesse zeigen, ist das Thema für fast 94 Prozent der Befragten sehr wichtig. Mit steigendem Alter wächst auch das Interesse am Thema Sicherheit.

Das häufig verbreitete Vorurteil, dass sich jüngere Fahrer gerne selbst überschätzen und sich auf jeden Fall eher für einen sehr sicheren Fahrer halten, konnte anhand der Ergebnisse dieser Studie nicht untermauert werden. Denn auch die Fahrer in den Altersgruppen von 18 bis 29 Jahren halten sich überwiegend nur für durchschnittlich gute Fahrer. Gerade die Motorradfahrer, die sich bei dieser Frage eher als einen sehr sicheren Fahrer einschätzen, haben im Vergleich zu denjenigen, die sich nicht für einen guten Fahrer halten, mindestens gleich viel oder deutlich häufiger Unfälle (Alleinunfall und Unfall mit Fremdbeteiligung).

Merkmal „Wetter“

Fast zwei Drittel der befragten Motorradfahrer geben an, ihr Motorrad auch bei schlechterem Wetter (Regen, etc.) zu bewegen.

In der Gruppe der „ständigen Regenfahrer“ finden sich überwiegend Tourer und Enduros. Chopper und Cruiser sind nur sehr gering beteiligt.

Merkmal „Alltags-/Freizeitnutzung“:

Über zwei Drittel (68%) nutzen ihr Motorrad mehr in der Freizeit. Anteilsmäßig sind es mehr jüngere Fahrer (Altersgruppe unter 30 Jahren), die Ihr Motorrad für den Alltag nutzen. Ebenfalls findet man hier in Relation mehr männliche Fahrer als weibliche.

Merkmal „Zustand und regelmäßige Prüfung“

92 Prozent der Befragten schätzen ihr Motorrad als gut gewartet ein. Über 80 Prozent geben an, vor jeder Fahrt immer oder regelmäßig einen Sicherheitscheck an ihrem Motorrad durchzuführen. 16,5 Prozent tun dies gelegentlich. Lediglich 0,6 Prozent der Biker kommen nie auf die Idee, ihr Motorrad hinsichtlich der Sicherheit zu überprüfen. Dieses Resultat weist Altersabhängigkeiten auf. Jüngere Fahrer unter 20 Jahren sind bei den konsequenten „Sicherheitsprüfern“ nur halb so oft anzutreffen wie ältere Fahrer über 20. Entsprechend verlagert sich die Gewichtung auf die „nur gelegentlichen Prüfer“. Hier ist der Anteil der jüngeren Befragten wieder größer.

Diejenigen, die häufiger prüfen, denken beim Motorradfahren auch häufiger über mögliche Risiken nach. Diejenigen, die seltener an die Risiken denken, prüfen auch seltener. Tendenziell verfügen Fahrer, die immer oder regelmäßig ihre Maschine bezüglich der Sicherheit prüfen, über umfangreicheres Equipment bei ihrer Motorradbekleidung. Auch sind sie bereit, mehr in diese zu investieren. Insgesamt kann festgestellt werden, dass Fahrer, die ihr Motorrad eher selten oder nur gelegentlich hinsichtlich der Sicherheit prüfen, eher dazu neigen, einen Teil ihrer Motorradbekleidung im Schrank zu lassen als die Fahrer, die regelmäßige Prüfungen oder vor jeder Fahrt einen Sicherheitscheck durchführen.

Spitzenreiter bei Kontrollen am Motorrad, die nicht zuletzt aus sicherheitsrelevanten Gründen regelmäßig ausgeübt werden sollten, ist der Reifenluftdruck mit 91,3 Prozent, dicht gefolgt vom Motorölstand (88,2%), dem Reifenprofil (80,7%) und der elektrischen Anlage (75,5%). Die Überprüfung des Motorrades auf Leckagen oder der Bremsanlage finden weniger häufig Beachtung. Insbesondere bei der Prüfung des Reifenprofils fällt auf, dass die Fahrer mit einem Alter unter 20 Jahren deutlich weniger zu dieser Prüfung tendieren.

Knapp 56 Prozent haben mit 1,6 mm die richtige Antwort hinsichtlich der gesetzlich vorgeschriebenen Mindestprofiltiefe gegeben. Diejenigen, die glauben, diese Mindestgrenze unterschreiten zu können, stellen einen Anteil von knapp 21 Prozent.

Merkmal „Risikogedanken“

Fast 40 Prozent der Befragten denken beim Motorradfahren öfter an mögliche Risiken im Straßenverkehr. Weitere 35 Prozent denken gelegentlich daran. Während 20 Prozent nur selten an mögliche Gefahren denken, machen sich fast 6 Prozent gar keine Gedanken darüber. Unter denen, die eher selten an mögliche Risiken während einer Motorradfahrt denken, ist der Anteil der jüngeren Fahrer (hier auch viele Auszubildende) fast doppelt so groß. Ist die prozentuale Verteilung zwischen Männern und Frauen bezüglich der Risikogedanken „ja, öfters“, „ja, manchmal“ und „eher selten“ noch ziemlich

identisch, umso erstaunlicher ist die Erkenntnis, dass Frauen in der Gruppe derer, die beim Fahren nie an mögliche Risiken denken, in Relation zu Männern doppelt so häufig keine Risikogedanken beim Motorradfahren haben.

Die Angst vor einem Pkw-Fahrer, der das Motorrad übersehen könnte, dominiert bei der Frage, um welche Gedanken es sich bei einem möglichen Risiko handeln würde (32,4%). In Anlehnung an den unvorsichtigen Pkw-Fahrer finden wir ergänzend die ebenfalls recht häufig genannte Antwort „übersehen zu werden“ (24,4%). Interessant ist, dass ein potenzieller Materialfehler am Motorrad kaum Beachtung findet. Das Vertrauen in die Technik und die eigene Wartung scheint hier ziemlich hoch zu sein.

Merkmal „Messebesuche und Sicherheitsinformationsbedürfnis“

Drei Viertel (75,5%) der Befragten achten gezielt auf Informationen zum Thema Sicherheit, wenn sie eine Motorradveranstaltung besuchen. Fahrer, die sich auf Motorradveranstaltungen eher nicht für Sicherheitsthemen interessieren, führen auch seltener Sicherheitsprüfungen an ihrem Motorrad durch. Jeder zweite, der angibt, auf Messen auch Sicherheitsthemen und Anbieter in diesem Segment zu suchen, prüft sein Motorrad vor jeder Fahrt.

Merkmal „Interesse an Sicherheitsfeatures und ABS“

81,1 Prozent der Befragten achten beim Kauf eines Motorrades generell auf sicherheitstechnische Aspekte. Nahezu 77 Prozent der Befragten interessieren sich für ABS oder besitzen ein solches Bremssystem. Schaut man auf die Verteilung innerhalb der Geschlechter, so interessieren sich prozentual mehr Männer für ABS als Frauen (83% zu 68%).

Bezüglich des Motorradtyps stellen die Chopper- und Cruiserfahrer die Gruppe mit dem geringsten Interesse an ABS, Alltagsfahrer zeigen deutlich mehr Interesse an einem Anti-Blockiersystem.

Merkmal „Motorradbekleidung“

Der Anteil der Befragten, die ergänzend zum Helm (Tragequote 98,4%) eine Motorradjacke oder eine Motorradhose nutzen, beträgt knapp 87 bzw. 73 Prozent. Fast 84 Prozent der Jackenträger ziehen zusätzlich eine Motorradhose an. Bei der Auswertung der Ergebnisse, ob der Sozios oder die Sozias mit

entsprechender Motorradbekleidung bestückt ist, zeichnet sich ein ähnliches Bild wie bei den Fahrern ab.

Ebenso wie beim Helmtrageverhalten ist die Tragequote für Motorradhandschuhe mit fast 97 Prozent sehr hoch. Das Tragen von Motorradschuhen oder -stiefeln kann mit 93,5 Prozent ebenfalls als gut bewertet werden. 41 Prozent der Befragten tragen einen separaten Wirbelsäulenprotektor. Auffallend ist hier bei der altersspezifischen Auswertung, dass dies mit steigendem Alter zunimmt. Dies ist auch bei dem Trageverhalten von Stiefeln erkennbar. Je höher das Fahreralter, desto eher werden Stiefel getragen.

Auswertungen bezüglich der Berufsgruppen lassen erkennen, dass die Auszubildenden leicht schlechter abschneiden als die bereits seit längerer Zeit arbeitenden Motorradfahrer. Hier dürften die finanziellen Mittel eine entscheidende Rolle spielen. Alle Gruppen befinden sich jedoch beim Tragen von Motorradbekleidung insgesamt auf einem beachtlich hohen Niveau.

Interessant ist die Erkenntnis, dass die Jahresfahrleistung der Befragten in keinem Zusammenhang mit dem Tragen von Motorradbekleidung steht. „Wenigfahrer“ haben somit das gleiche Motorradbekleidungs-niveau wie „Vielfahrer“. Je älter die Befragten waren, umso mehr ist eine eindeutige Abnahme der Wichtigkeit des Aussehens der Bekleidung erkennbar.

In einem eindeutigen Zusammenhang stehen der Besitz von teurer Motorradbekleidung und die Teilnahme an einem Motorradfahrersicherheitstraining. Wer an einem oder mehreren Trainings teilnimmt, besitzt in der Regel auch teurere Motorradbekleidung.

Annähernd die Hälfte des Kollektivs erwirbt erst dann neue Motorradbekleidung, wenn die alte unbrauchbar ist. Ein weiterer Großteil (31,4%) denkt regelmäßig alle fünf Jahre daran, seine Ausrüstung zu erneuern. Nur etwa ein Sechstel aller Befragten erneuert innerhalb von 4 Jahren die eigene Motorradbekleidung. Ein ähnlicher Zusammenhang ist gegeben, wenn es um die Teilnahme an einem Motorradfahrersicherheitstraining geht. Je kürzer die Erneuerungsintervalle der Motorradbekleidung sind, desto eher haben die Fahrer auch ein solches Training besucht.

Geht es um die Informationsquellen vor dem Kauf neuer Motorradbekleidung, findet sich der Großteil (65,5%) der Antworten im Bereich der Händler, dicht gefolgt von Informationen aus der Presse (61,2%). Auch das Internet nimmt mit 50 Prozent keinen geringen Stellenwert ein. Trotz neuer Medien scheint die persönliche und fachlich kompetente Händlerberatung immer noch gefragt zu sein.

Nicht nur die Außentemperatur ist für das Tragen der Motorradbekleidung entscheidend, sondern vor allem die mit dem Motorrad zurückgelegte Strecke. Der Einfluss der Streckenlänge auf das Bekleidungsverhalten der Motorradfahrer ist um zirka den Faktor 2 größer als der Einfluss der Außentemperatur. Als eindeutiges Ergebnis kann festgehalten werden, dass Motorradfahrer eher gewillt sind, auf längeren Strecken entsprechende Bekleidung zu tragen als auf kurzen Ausfahrten wie etwa zum „Baggersee um die Ecke“. Die Temperatur spielt hier nur eine sekundäre Rolle. Diejenigen, die insbesondere beim Kauf ihrer Motorradbekleidung mehr Geld anlegen, tragen ihre vollständige Motorradbekleidung auch häufiger auf kürzeren Streckenlängen und bei höheren Außentemperaturen.

In Bezug auf das Alter der Fahrer fällt auf, dass insbesondere die Fahrer ab 40 häufiger ihre Motorradbekleidung anlegen. In Relation verhalten sich Frauen insbesondere bei kurzen Strecken „vernünftiger“. Ein Zusammenhang zwischen dem Trageverhalten von Motorradbekleidung (in Relation zur Strecke und zum Wetter) zum erlebten Unfallgeschehen kann nicht nachgewiesen werden.

Merkmal „Training“

Auf die Frage nach der Teilnahme an einem Motorradfahrersicherheitstraining antwortete fast die Hälfte (46,3%) negativ. Nur etwas mehr als ein Fünftel (21,2%) hat bereits einmal an einem Motorradsicherheitstraining teilgenommen, ein weiteres Fünftel (19,9%) sogar zwei Mal. Unabhängig von einer Teilnahme ist das Interesse am Thema „Sicherheit“ gleich groß.

Eine interessante Verteilung zeichnet sich auch bei dem Zusammenhang zwischen der Trainingsteilnahme und dem ABS-Interesse der Befragten ab. Bei denjenigen, die bereits ein Training absolviert haben, ist ein größeres ABS-Interesse vorhanden.

Teil IV: Fazit

Um quantitative Rückschlüsse auf das Sicherheitsbewusstsein der Motorradfahrer in Deutschland ziehen zu können, müssen die sicherheitsrelevanten Fragen und Antworten extrahiert und analysiert werden. Folgende sieben Merkmale wurden hierzu ausgewählt:

- | | |
|--|--------------|
| (1) <u>Merkmal:</u> Relevanz des Themas Sicherheit allgemein (2.1) | |
| <u>Kollektivanteil mit der Antwort:</u> „wichtig“ | 94,7% |
| (2) <u>Merkmal:</u> Regelmäßiger Sicherheitscheck des Motorrades (1.3) | |
| <u>Kollektivanteil mit der Antwort:</u> „ja, immer“ oder „ja, regelmäßig“ | 82,5% |
| (3) <u>Merkmal:</u> Risikogedanken beim Motorradfahren (2.6) | |
| <u>Kollektivanteil mit der Antwort:</u> „ja öfters“ oder „ja, manchmal“ | 74,4% |
| (4) <u>Merkmal:</u> Interesse an Sicherheitsinfos auf Messen/Veranstaltungen (2.8) | |
| <u>Kollektivanteil mit der Antwort:</u> „ja“ | 84,1% |
| (5) <u>Merkmal:</u> Interesse an Sicherheitsfeatures beim Motorradkauf (2.9) | |
| <u>Kollektivanteil mit der Antwort:</u> „ja“ | 84,7% |
| (6) <u>Merkmal:</u> Helmtragequote (3.1) | |
| <u>Kollektivanteil mit der Antwort:</u> „ja“ | 98,4% |
| (7) <u>Merkmal:</u> Tragen von Motorradbekleidung (3.1) | |
| <u>Kollektivanteil mit der Antwort:</u> „Tragen von Jacke und Hose“ | 72,4% |

Die hier genannten prozentualen Angaben wurden jeweils auf ein Kollektiv mit 100% Antworten, also ohne Berücksichtigung der Befragten ohne jegliche Antwort, umgerechnet.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass das Interesse am Thema „Sicherheit“ bei den befragten Motorradfahrerinnen und -fahrern in den meisten Bereichen stark ausgeprägt ist. Wie unter Merkmal (1) ersichtlich, halten 94,7% der befragten Motorradfahrer das Thema „Sicherheit“ generell für wichtig. Schaut man sich darauf basierend weitere Ergebnisse an, so fallen insbesondere die Merkmale (2), (4), (5) und (6) auf. Auch hier können überall Werte von über 80% verzeichnet werden. Zu Merkmal (6) muss bemerkt werden, dass die „Helmtragequote“ mit 98,4% unter anderem deshalb so extrem gut ausfällt, weil das Tragen eines Motorradhelmes in Deutschland gesetzlich vorgeschrieben ist.

Die Merkmale (3) mit 74,4% und (7) mit 72,4% fallen dahingehend auf, dass sie im Gegensatz zu den anderen Merkmalen unter 80% liegen. Dennoch können wir auch hier von einem überdurchschnittlichen Ergebnis sprechen. Bezüglich des Merkmals (7) kann ergänzend festgehalten werden, dass sich die Ergebnisse auf einem sehr hohen Niveau befinden. Grundlegendes Kriterium war hier, dass die Fahrer sowohl eine Motorradjacke als auch eine -hose tragen müssen.

Um die Aussage hinsichtlich des Sicherheitsbewusstseins der Motorradfahrer in Deutschland weiter einzugrenzen zu können, lassen sich durch die Verknüpfung verschiedener Merkmale weitere differenzierte Aussagen herausfiltern. Bezüglich dieser Merkmale scheint es sinnvoll, eine Auswertung der Einzelergebnisse getrennt vorzunehmen. Hierzu haben wir zwei übergeordnete Bereiche festgelegt. Zum einen den eher theoretisch orientierten Bereich T, der das Interesse an sicherheitsrelevanten Themen über das Fahren hinaus darstellt; zum anderen den Bereich P, der die unmittelbar mit dem Motorradfahren verbundenen Ergebnisse hinsichtlich des Sicherheitsbewusstseins aufzeigt (praktisch orientiert). Um beide Bereiche mit einem vergleichbaren Maßstab beurteilen zu können, wurde exakt die gleiche Anzahl von Merkmalen (hier jeweils drei) verknüpft.

Bereich T

Verknüpft man die Merkmale „Relevanz des Themas Sicherheit allgemein“, „Interesse an Sicherheitsinformationen auf Messen/Veranstaltungen“ und „Interesse an Sicherheitsfeatures beim Motorradkauf“ miteinander, so kommen wir zum Ergebnis, dass 60,8% der befragten Motorradfahrerinnen und -fahrer ein generelles Interesse am Thema „Sicherheit“ haben. Diese Zahl wird aus den Motorradfahrerinnen und -fahrern der Befragung bestimmt, die genau in diesen drei Merkmalen mit der entsprechenden positiven Antwort vertreten sind.

Bereich P

In Bezug auf das „Sicherheitsbewusstsein unmittelbar vor und während der Motorradfahrt“ ist die Verknüpfung der Merkmale „Regelmäßiger Sicherheitscheck des Motorrads“, „Risikogedanken beim Motorradfahren“ und „Tragen von Motorradbekleidung“ entscheidend. Als Ergebnis dieser dreifachen Verknüpfung erhält man 46,3 Prozent am Gesamtkollektiv. Dieser Prozentsatz stellt somit alle Motorradfahrerinnen und -fahrer dar, die alle genannten Merkmale positiv beantwortet haben.

Das Merkmal „Helmtragequote“ wird hier ganz bewusst nicht berücksichtigt, da das Tragen eines geeigneten Motorradhelmes in Deutschland gesetzlich vorgeschrieben ist und so die Quantifizierung des Sicherheitsbewusstseins von Motorradfahrern in Deutschland verfälscht worden wäre.

Betrachtet man die Ergebnisse der Verknüpfungen mit ausgewählten Fragen zum Sicherheitsbewusstsein übergreifend, so bleibt generell festzuhalten, dass die in der Studie befragten Motorradfahrer ein

hohes Sicherheitsbewusstsein aufweisen. Diese Tendenz wird auch bei der differenzierten Auswertung von Einzelaspekten deutlich.

Der Vergleich der beiden Ergebnisse aus den Bereichen T und P – nämlich dem eher theoretischen Interesse und der Umsetzung im fahrpraktischen Alltag – zeigt wiederum, dass das Interesse an Sicherheitsinformationen und Features groß ist, bei der Umsetzung in die alltägliche Praxis aber noch Potenziale bestehen, die Situation weiter zu verbessern. Hier kann und sollte gezielte Verkehrssicherheitsarbeit mit Informationen und konkreten Angeboten ansetzen. Beispiele wären die Segmente Entwicklung einer spezifischen Gefahrenkenntnis kritischer Fahrsituationen, Informationen zur Motorradbekleidung und Angebote von Sicherheitstrainings. Das Institut für Zweiradsicherheit wird hier seine Rolle als Verkehrssicherheitsorganisation in Kooperation mit Partnereinrichtungen in allen Segmenten wahrnehmen.

Zusammenfassend betrachtet dokumentiert die Studie, dass die generelle Einstellung der Motorradfahrerinnen und Motorradfahrer zum Thema Sicherheit intensiv ausgeprägt ist und nicht zuletzt dieser Faktor für die in Relation zum wachsenden Bestand sinkenden Unfallzahlen offensichtlich eine wichtige Rolle gespielt hat.

Literaturverzeichnis

- [1] Kraftfahrtbundesamt (KBA): Bestand an Krafträdern am 1. Januar 2006 nach Altersgruppen der Halter und Hubraumklassen
- [2] Hautzinger, H.; Stock, W.; Mayer, K.; Schmidt, J.; Heidemann, D.: Fahrleistungserhebung 2002 - Begleitung und Auswertung, Band 1: Inländerfahrleistung 2002
BAST-Bericht V 120, Institut für angewandte Verkehrs- und Tourismusforschung – IVT, Heilbronn/Mannheim 2005
- [3] Fahrleistungsstudie der Motorpresse, Stuttgart 2005
- [4] Forke, E.: Jugend und ihre Mobilitätsvorstellungen in Relation zum motorisierten Zweirad, Forschungshefte Zweiradsicherheit Nr. 11, Essen 2004
- [5] TÜV NORD Mobilität: „Motorräder sind oft in gutem Zustand“, in: Presse-Information 195-2006 Fahrzeug und Verkehr, Zustandsbericht TÜV-Nord, Hannover, 2006
- [6] Schulz, U.; Kerwien, H.: Zur Risikobereitschaft junger Motorradfahrer, in: Zeitung für Verkehrssicherheit 37 (1991), S. 168 – 171
- [7] Association des Constructeurs Européens de Motocycles (ACEM): MAIDS : Motorcycle Accidents In Depth Study, 2003
- [8] Wissenschaftliche Informationen der Bundesanstalt für Straßenwesen: „Gurte, Kindersitze, Helme und Schutzkleidung – 2004“, in: BAST Info 17/2005

**Entwicklung einer Rollwinkelsensorik
für zukünftige Bremssysteme**

**Development of a roll angle sensor technology
for future brake systems**

**Développement de captation d'inclinaison
pour futurs systèmes de freinage**

Patrick Seiniger, Hermann Winner, Kai Schröter, Friedrich Kolb
Technische Universität Darmstadt, Germany

Alfred Eckert, Oliver Hoffmann
Continental Teves AG & Co. oHG, Germany

Kurzfassung

Moderne Motorrad-ABS- und Integralbremssysteme erfüllen ihre Funktion der Blockierverhinderung bei Geradeausbremsungen und mittleren Schräglagen mit hoher Wirksamkeit und weitgehend ohne Folgeprobleme für den Fahrer. Für größere Schräglagen müssen die Parameter des Bremssystems (z.B. Bremskraftverteilung, Bremsdruckgradient, Regelstrategien) an die Kurvenfahrt angepasst werden, um auch hier ein Bremsen ohne drohenden Kontrollverlust des Fahrers zu gewährleisten. Die Kenntnis des Schräglagenwinkels (des Rollwinkels) als Kenngröße für die Kurvenfahrt ist hierzu förderlich. Aber auch Kurvenlichtsysteme, Fahrwerksysteme und zukünftige Fahrdynamikregelsysteme profitieren vom Rollwinkel als eine Eingangsgröße.

Bekanntes Verfahren zur Messung des Rollwinkels während der Fahrt sind entweder zu ungenau (Rollratenintegration) oder zu teuer für Serienanwendungen (mechanische Kreisel, Faserkreisel).

Am Fachgebiet Fahrzeugtechnik der Technischen Universität Darmstadt wurde ein Verfahren zur Ermittlung des Rollwinkels entwickelt. Dieses Verfahren hat Gültigkeit sowohl für stationäre als auch für instationäre Fahrt. Es genügt der Einsatz von Großseriensensorik aus dem Automobilbereich (Beschleunigungen, Drehraten). Die Eignung des Verfahrens für zukünftige Bremssysteme ist mit Fahrversuchen nachgewiesen.

Abstract

Today's motorcycle antilock brake systems prevent wheel lock in straight-ahead conditions and for medium roll angles with efficiency and without difficulties for the driver. For high roll angles, the brake system parameters (e.g. brake force distribution, brake pressure gradient, control strategies) need to be adapted to cornering in order to prevent the driver from losing control. Therefore, the brake systems profit from knowing the roll angle. But also corner lighting, chassis systems and future advanced dynamic control systems would benefit from the measure roll angle.

Known methods for calculating the roll angle are either too imprecise (integration of roll velocity) or too expensive (mechanical gyroscopes, fiber optic gyroscopes) for mass production purposes.

At Technische Universität Darmstadt, institute of automotive engineering (FZD), a method for calculating the roll angle has been developed. This method is valid for steady-state as well as transient driving conditions. Mass production automotive sensors (e.g. acceleration sensors, rate sensors) can be used. The method's acceptability for future brake systems has been proved with driving tests.

Résumé

Les systèmes de freinage modernes pour les motos donne leur fonction d'anti-blocage dans les situations en ligne droite et dans les inclinaisons moyennes avec une grande efficacité et de la plus part sans problèmes pour le conducteur. Pour les inclinaisons plus grandes, la stratégie de contrôle (ex: distribution de la puissance de freinage, gradient de la pression de freinage) doit être adapté au virage pour aussi assurer un freinage avec bon contrôle pour le conducteur.

La connaissance de l'angle d'inclinaison est pour cela essentiel. Même les systèmes de phares pour les virages, de châssis et des systèmes contrôles futurs peuvent profiter de cet input. Les systèmes existant de mesure de l'angle d'inclinaison pendant le conduit sont soit imprécis, soit trop chers pour être fabriqués en série (gyroscopes mécanique, gyroscopes optiques).

A l'Université technique de Darmstadt, un principe de mesure pour l'angle d'inclinaison est développé. Ce principe est valable pour des situations stationnaires et des situations non-stationnaires. Il suffit d'installer les produits en série dans le secteur automobile (accélération, vitesse d'inclinaison). L'aptitude de ce principe est évaluée pour les systèmes de freinage futurs dans les essais de conduite.

**Entwicklung einer Rollwinkelsensorik
für zukünftige Bremssysteme**

1. Einleitung

Der Rollwinkel (Schräglagenwinkel) ist die wohl offensichtlichste fahrdynamische Kenngröße von Motorrädern. Einspurfahrzeuge „legen sich in die Kurve“. Beim Bremsen in der Kurve, also bei einem von Null verschiedenen Rollwinkel, tritt das so genannte Bremslenkmoment und in Folge das Aufstellmoment auf. Ursache ist der beim Rollen entstehende und von der Breite des Reifens abhängige Hebelarm zwischen Kraftangriffspunkt des Vorderrads und der Lenkachse. Die Bremskraft erzeugt dadurch ein kurveneindrehendes Moment um die Lenkachse. Die aus diesem Moment folgende ebenfalls kurveneindrehende Lenkbewegung richtet das Motorrad auf und erfordert zur Beibehaltung des Kurses eine geeignete Gegenreaktion vom Fahrer.

Dennoch ist in keinem aktuell auf dem Markt befindlichen Bremssystem für Motorräder eine Rollwinkelsensorik oder sonstige Kurvenerkennung bekannt. Heutige Bremssysteme agieren also nicht, indem sie auf die Besonderheiten der Kurvenbremsung eingehen, sondern sie reagieren auf sich aus der Kurvenbremsung ergebende Fahrsituationen (etwa Wegrutschen in der Kurve).

Mit Kenntnis des Rollwinkels werden Verbesserungen von Motorradbremssystemen möglich. Der ABS-Regelalgorithmus kann an die Besonderheiten der Kurvenbremsung angepasst werden und die Fahrsicherheit damit weiter erhöhen. Über Bremssysteme hinaus ist eine Rollwinkelsensorik auch für zukünftige Fahrdynamikregelungen, Antriebsschlupfregelungen, Kurvenlicht oder Niveauregulierungen nutzbar.

1.1 Der Rollwinkel von Motorrädern bei Kurvenfahrt

Wie jedes andere Fahrzeug unterliegt auch ein Motorrad in Kurvenfahrt einer Querschleunigung (\ddot{y}) und damit einer Fliehkraft F_F orthogonal zu Kurs- und Fahrbahnnormalenvektor. Der Aufbau mehrspuriger Fahrzeuge führt unter Wirkung dieser Querschleunigung eine Rollbewegung um die Fahrzeuglängsachse (näherungsweise identisch mit der Fahrzeugrollachse) zum Kurvenäußeren durch, während sich das Motorrad als Einspurfahrzeug „in die Kurve legt“. Das Motorrad rollt dabei so weit um seine Reifenaufstandslinie, bis sich die aus der Gewichtskraft (F_G) und Fliehkraft (F_F) ergebenden Momente um die Reifenaufstandslinie ausgleichen. In diesem theoretischen Fall mit ideal-schmalen Reifen ist der Schwerpunkt des Gesamtsystems kraftfrei. Aufsassen spüren lediglich eine scheinbare Überhöhung ihres Gewichts (resultierende Kraft F_{res} entgegen der z' -Richtung).

Eine Darstellung des im Folgenden verwendeten Koordinatensystems zeigt Bild 1. Alle Größen sind positiv eingezeichnet.

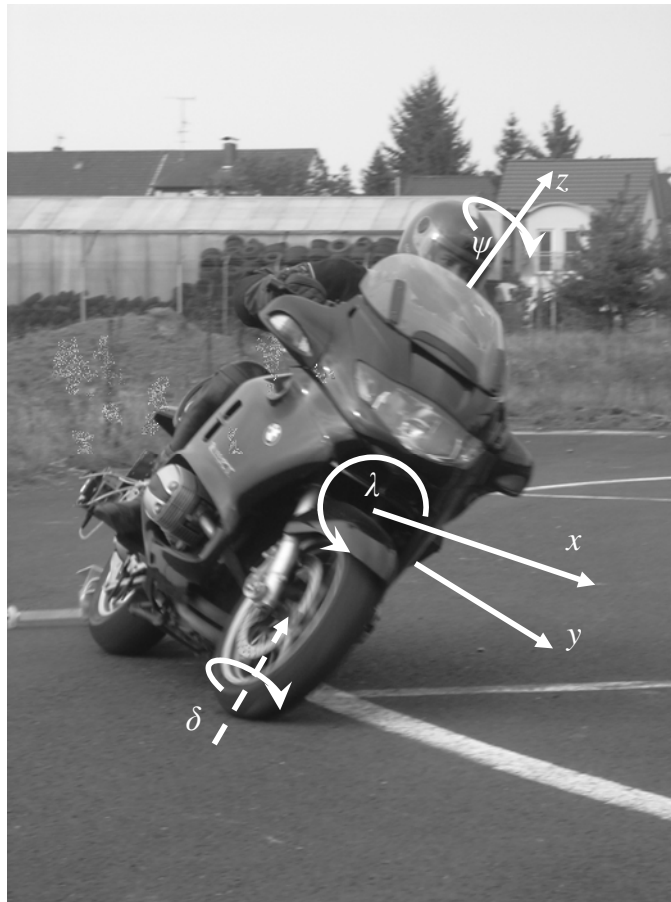


Bild 1: Koordinatensystem am Motorrad

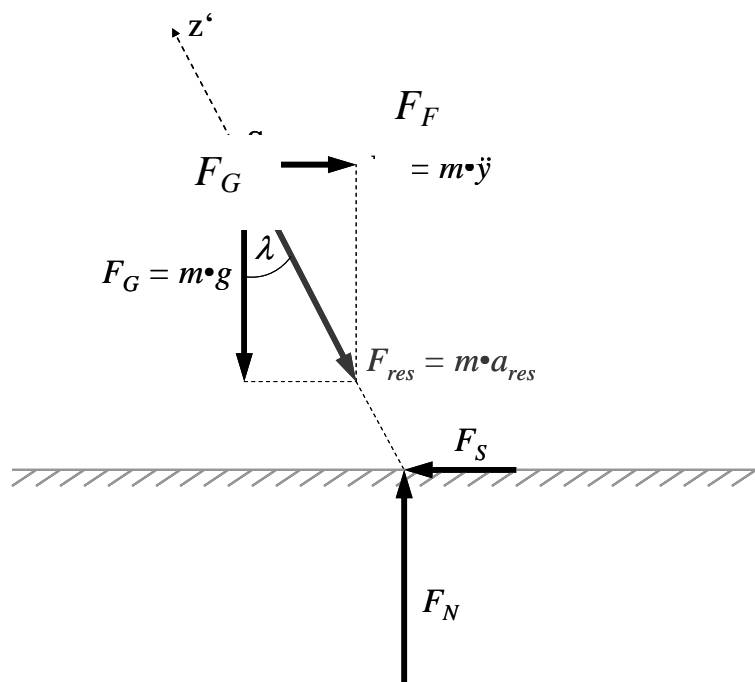


Bild 2: Kräftegleichgewicht bei stationärer Kurvenfahrt mit ideal-schmalen Reifen [z.B. STOFFREGEN]

Für stationäre Kurvenfahrt mit ideal-schmalen Reifen ergibt sich der (theoretische) Rollwinkel λ_{th} nach Bild 2 zu

$$\lambda = \arctan\left(\frac{v^2}{g \cdot R}\right) \quad (1.1).$$

Wie in Bild 2 dargestellt, wirkt der Fliehkraft F_F die gleich große Seitenführungskraft F_S entgegen ($F_F = -F_S$). Letztere ist begrenzt durch den Kraftschluss- oder Reibbeiwert μ_{max} zwischen Reifen und Fahrbahn. Es gilt

$$F_{S,max} = \mu_{max} \cdot F_N = \mu_{max} \cdot F_G = \mu_{max} \cdot m \cdot g \quad (1.2)$$

da sich auch die Gewichtskraft F_G und die fahrbahn-normale Aufstandskraft F_N die Waage halten ($F_G = F_N$). Aus dieser Definition der maximalen Seitenführungskraft berechnet sich der maximal mögliche theoretische Rollwinkel zu

$$\lambda_{th,max} = \arctan\left[\frac{F_{s,max}}{m \cdot g}\right] = \arctan(\mu_{max}) \quad (1.3)$$

Maximalwerte für den Reibbeiwert μ liegen für gängige Motorradreifen auf griffiger Fahrbahn zwischen 1 und 1,2 [SCHMIEDER], woraus sich für den theoretischen Rollwinkel Maximalwerte von 45° bis rund 50° ergeben.

Der Gesamtrollwinkel λ_{ges} im Falle endlich breiter Reifen setzt sich nach [WEIDELE] zusammen aus dem theoretischen und einer Reihe von Zusatzrollwinkeln (λ' , λ'' und λ'''):

$$\lambda_{ges} = \lambda_{th} + \lambda' + \lambda'' + \lambda''' \quad (1.4)$$

Diese ergeben sich der Reihe nach durch geometrische Einflüsse (endliche Reifenbreite, Reifenkontur, Lenkerdrehwinkel, Rollwinkel, Schwerpunktlage), die Kreiselwirkung und den Einfluss des Corioliseffekts. Der erste Zusatzrollwinkel λ' kann dabei mit Reifenkonturradien von etwa 0,07 m und Schwerpunktlagen des Gesamtsystems von ca. 0,7 m für kleine Rollwinkel unter der Annahme ideal starrer und kreisrunder Reifen zu $\arctan(r_{Reifen}/h_s) = 0,1 \cdot \lambda_{th}$ abgeschätzt werden, während der Einfluss jedes weiteren Zusatzrollwinkels eine Größenordnung darunter liegt ($\lambda'' \approx 0,01 \cdot \lambda_{th}$; $\lambda''' \approx 0,001 \cdot \lambda_{th}$).

Der Einfluss der beiden letztgenannten Zusatzrollwinkel kann daher für die Betrachtung einer Rollwinkelsensorik vernachlässigt werden, so dass

$$\lambda_{ges} \approx \lambda_{th} + \lambda' \approx \lambda_{th} + 0,1 \cdot \lambda_{th} \approx 1,1 \lambda_{th} \quad (1.5)$$

abgeschätzt werden kann. Dabei liefert der Einfluss der endlichen Reifenbreite den größten Beitrag zum Rollwinkel λ' , wie in Bild 3 schematisch dargestellt. Ein in Fahrzeugquerrichtung orientierter Querbeschleunigungssensor misst nun einen kleinen Anteil $\sin(\lambda_{geo} - \lambda_{th}) \approx \lambda'$ der Beschleunigungsvektorsumme von Erdbeschleunigung und Querbeschleunigung. Allerdings ist dieser Anteil oft zu gering im Vergleich zu den starken Störungen durch vom Motor oder Fahrwerk stammender Vibrationen, um ihn für eine Rollwinkelmessung verwerten zu können.

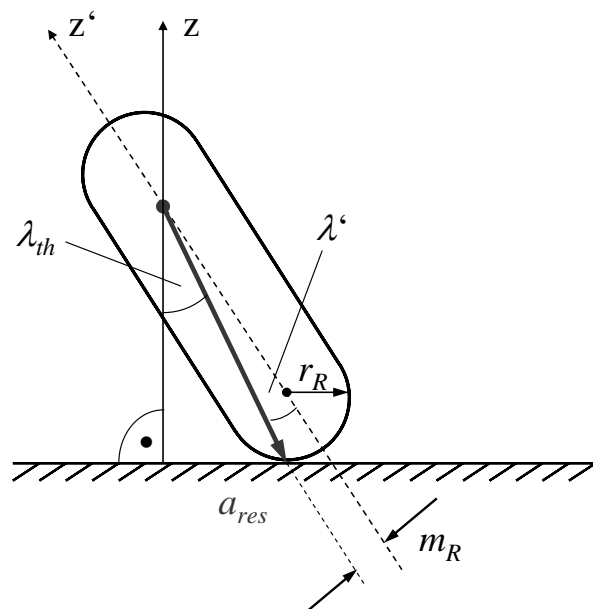


Bild 3: Zusatzrollwinkel und Lenkrollhalbmesser des Reifens (nach Weidele)

Bei deutlich breiteren Reifen und einer tieferen Schwerpunktlage und damit großem Zusatzrollwinkel (bis zu $0,2 \cdot \lambda_{th}$) erreichen moderne Rennmotorräder (bei Reifenbreiten von 200 mm und Schwerpunkthöhen von 0,5 m) Gesamtrollwinkel bis zu 60° .

1.2 Kurvenbremsung

Eines der großen Probleme der Kurvenbremsung von Motorrädern ist das in der Einleitung erwähnte Bremslenkmoment. Das Bremslenkmoment ist schon bei nicht ABS-geregelten Kurvenbremsungen nur von geübten Fahrern ohne Abweichung vom gewünschten Kurs zu meistern [WEIDELE]. Bei ABS-geregelten Bremsungen wird die Fahrstabilität stärker beeinflusst, da infolge der Bremsregelung eine pulsierende Bremskraft am Vorderrad ein pulsierendes Bremslenkmoment und damit eine Lenk-, Roll- und Gierbewegung des Fahrzeugs hervorruft [PRÄCKEL].

Den zeitlichen Ablauf eines ABS-Eingriffs bei Kurvenfahrt zeigt Bild 4. Das Vorderrad droht bei $t = 0$ s, $\lambda_{\text{ges}} = 19^\circ$, $v = 65$ km/h in die Blockade zu laufen. Das Vorderrad erhöht aufgrund der Überbeanspruchung des Kraftschlusses den Schräglaufwinkel, die Gierrate des Fahrzeugs und die Krümmung des Kurses sinken. Ein Einfluss auf den Lenkwinkel ist erst mit Beginn der ABS-Regelung am Vorderrad erkennbar. Der ABS-Eingriff verursacht eine Drehung des Lenkers nach Kurveninnen. Es folgt eine über den gesamten weiteren Bremsverlauf erkennbare Gier- und Rollschwingung des Fahrzeugs. Im realen Straßenverkehr wäre vermutlich ein Verlassen der vorgesehenen Fahrspur die Folge gewesen.

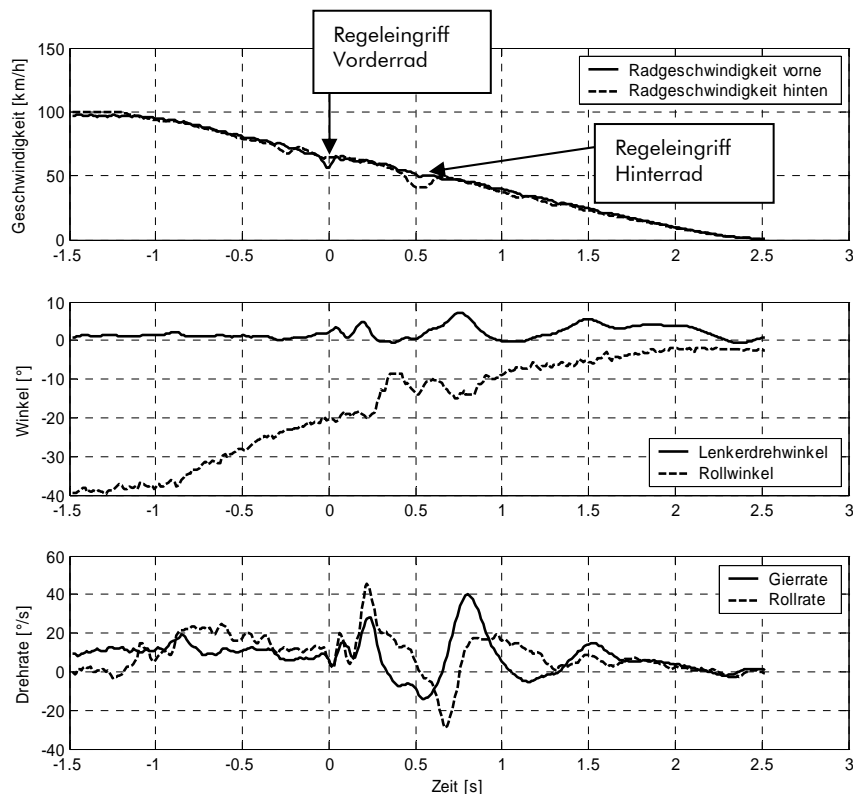


Bild 4: Ablauf einer ABS-Regelung, Beginn der Regelung bei $t=0$ s, eigene Messung (BMW R1150RT mit Integral-ABS, Anfangsquerverbeschleunigung ca. 10 m/s^2 , $R = 100 \text{ m}$, Hochreibwert)

Als Ansatz zur Verbesserung von ABS-Algorithmen für Kurvenbremsungen ist die Verlagerung der realen Bremskraftverteilung zum Hinterrad hin bekannt. Damit wird einerseits das der Bremskraft am Vorderrad proportionale Bremslenkmoment gesenkt und dem Fahrer die Kurshaltung erleichtert, andererseits wird eine ABS-Regelung zuerst am Hinterrad erfolgen, die Bremslenkmomentpulsation durch Regelung am Vorderrad wird vermieden. Die Erhaltung der Fahrstabilität rechtfertigt vermutlich den mit einer solchen Strategie verbundenen Verlust an Verzögerung durch die geringere Kraftschlussausnutzung am Vorderrad und damit auch insgesamt der Verlängerung des Bremsweges. Für solche erweiterten ABS-Algorithmen ist aber die Kenntnis des Rollwinkels erforderlich.

Die in der Luftfahrt dafür übliche Technik der Integration von Drehratensignalen (Roll-, Gier- und Nickrate) zur Ermittlung der Winkel („strap down inertial navigation systems“, [KING]) verlangt eine sehr niedrige Offsetdrift, die von den kostengünstigen, in der Fahrzeugtechnik eingesetzten Drehrate- und Beschleunigungssensoren (bekannt aus ESP-Systemen im Pkw-Bereich) bei weitem nicht erreicht wird. Um trotzdem mit einer solchen Technik zu einer am Motorrad einsetzbaren Rollwinkelbestimmung zu kommen, wurden am Fachgebiet Fahrzeugtechnik der TU Darmstadt Messstrategien entwickelt, welche die speziellen Eigenschaften verschiedener Sensoren berücksichtigen und auf fahrdynamischen Modellannahmen für das Motorrad basieren.

2. Methodik

Die Messstrategien zur Messung des Rollwinkels sind anhand von Bewertungskriterien aus einer Vielzahl geeigneter Strategien ausgewählt. Die Bewertungskriterien leiten sich aus den Anforderungen an eine serientaugliche und wirtschaftliche Rollwinkelsensorik ab:

- Notwendiger Bauraum für Sensoren ist am Motorrad vorhanden
- Masse der Sensoren ist möglichst gering
- Auswirkungen auf das Design des Motorrads sind nicht gegeben
- Wirtschaftlichkeit des Messkonzepts kann erreicht werden
- Erwartete Zuverlässigkeit ist möglichst hoch
- Erreichbarkeit der geforderten Genauigkeit ist gegeben.

Die zu erreichende Genauigkeit ergibt sich aus einer Abschätzung der relativen Bremswegverlängerung am Kamm'schen Kreis (Parameter: regennasse Straße $\mu=0,6$, Anfangsquerbeschleunigung 80% der Querbeschleunigung und damit $\lambda_{th} = 28^\circ$) bei Variation der Sensorgenauigkeit. Bezogen wird der Bremsweg eines idealen, jedoch mit falscher Rollwinkelinformation versehenen Bremssystems auf den Bremsweg eines idealen Bremssystems. Die relative Bremswegverlängerung ist dann

$$1 - \frac{s_{\text{fehlerbehaftet}}}{s_{\text{ideal}}} = \frac{\int v_0 dt - \iint \sqrt{(\mu_0 \cdot g)^2 - [\tan(\lambda(v, R) + \Delta\lambda) \cdot g]^2} d^2t}{\int v_0 dt - \iint \sqrt{(\mu_0 \cdot g)^2 - [\tan(\lambda(v, R)) \cdot g]^2} d^2t}$$

Mit den angenommenen Randbedingungen ergibt sich eine noch tolerierbare Bremswegverlängerung von 10% bei einer Sensorgenauigkeit von $\pm 5,3^\circ$ (Bild 5).

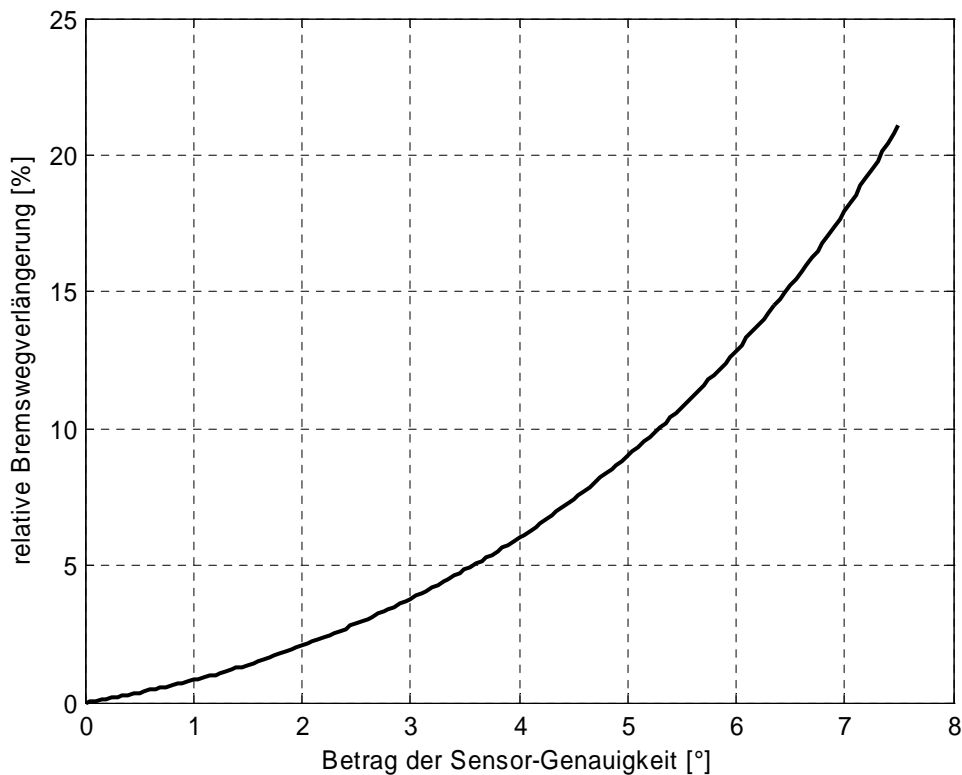


Bild 5: Bremswegverlängerung als Funktion der erreichten Genauigkeit bei idealer Bremsung

Die Ergebnisse der experimentellen Untersuchung beziehen sich auf ein Versuchsfahrzeug des Typs BMW R1150RT (Bild 6) und folgende Messtechnik:

- Geschwindigkeitsmessung über die serienmäßigen Raddrehzahlsensoren des ABS-Systems
- Roll- und Gierrate über mikromechanische Drehratesensoren
- x- und y-Beschleunigung über Großserienbeschleunigungssensoren am Fahrzeugschwerpunkt
- Referenzmessung des Rollwinkels relativ zur Fahrbahn über die Verdrehung zwischen einem an der Hinterachse befestigten zweispurigen Anhänger und dem Motorrad.

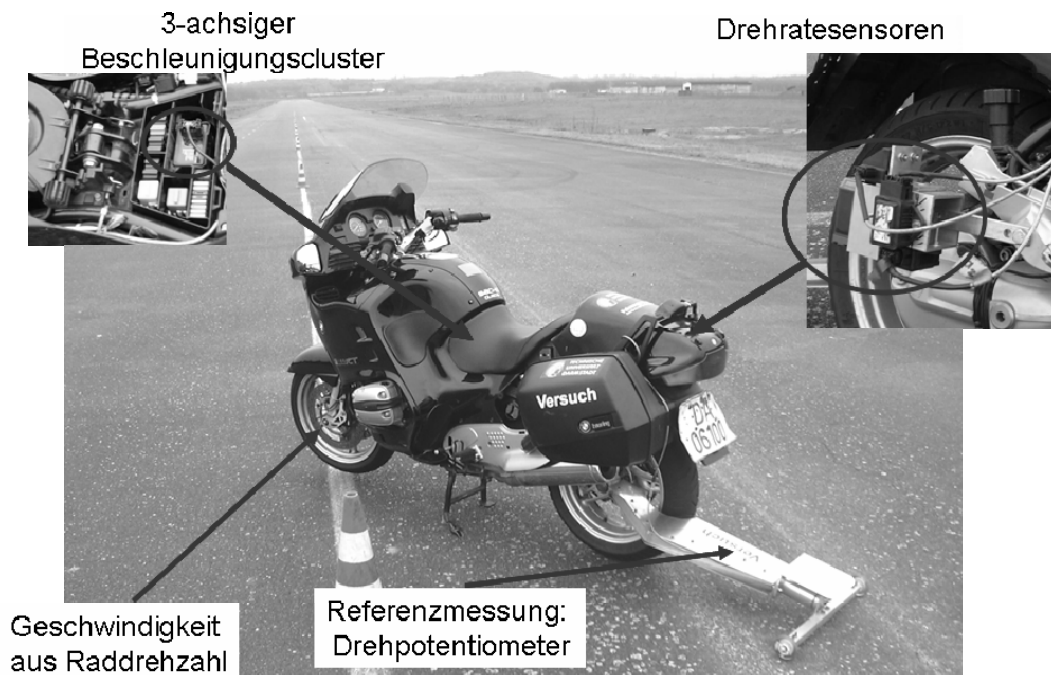


Bild 6: Versuchsträger und Einbauorte der Messtechnik

Eine Abschätzung der Messgenauigkeit der drei vorgestellten Messstrategien erfolgt experimentell:

- Stationäre Kreisfahrt: Variation des Kurvenradius ($R=9$ bis 14m) und der Querschleunigung ($0,1$ bis 1 g) zur Beurteilung der Messgenauigkeit bei stationären Fahrsituationen
- Nickanregung: Befahren einer Rampe bei Geradeausfahrt, Variation der Geschwindigkeit zwischen 10 und 70 km/h zur Beurteilung der Messgenauigkeit bei Nickbewegungen
- Fahrten ähnlich dem öffentlichen Straßenverkehr: Befahren einer hinsichtlich Ortslage für das deutsche Straßennetz repräsentativen Route zur Beurteilung der Messgenauigkeit bei typischen Motorradfahrten
- Kurvenbremsung: Kurvenbremsung mit Variation des Kurvenradius ($R=9$ bis 14m) und der Anfangsquerschleunigung ($0,1$ bis 1g) zur Beurteilung der Messgenauigkeit bei gebremster Kurvenfahrt
- VDA-Spurwechsel und Slalom: VDA-Spurwechsel (angenommene Fahrzeugbreite $1,2\text{m}$) bei Geschwindigkeits-Variation ($v=70$ bis 80 km/h) und Slalom zur Beurteilung der Messgenauigkeit bei instationärer, ungebremster Fahrt
- Beschleunigte Kurvenfahrt: Variation des Kurvenradius ($R=9$ bis 14m) und der Beschleunigung zur Abschätzung der Messgenauigkeit bei beschleunigter Kurvenfahrt.

Als Bewertungskriterium für die Signalgüte wird die Standardabweichung der jeweiligen Messstrategie, gemittelt über alle Versuchsfahrten, herangezogen.

Die Verteilung der verschiedenen Versuchsarten sowie Geschwindigkeits- und Rollwinkelhäufigkeiten im Messdatenkollektiv zeigen Bild 7 bis 9.

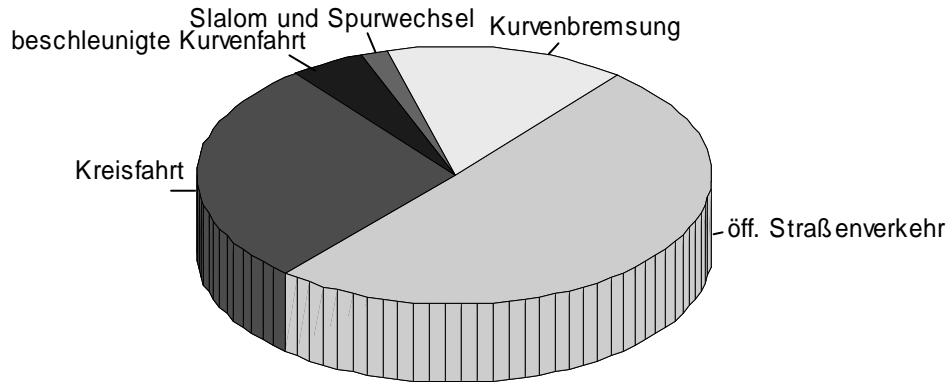


Bild 7: Anteile der Fahrversuchsklassen an der gesamten Messzeit

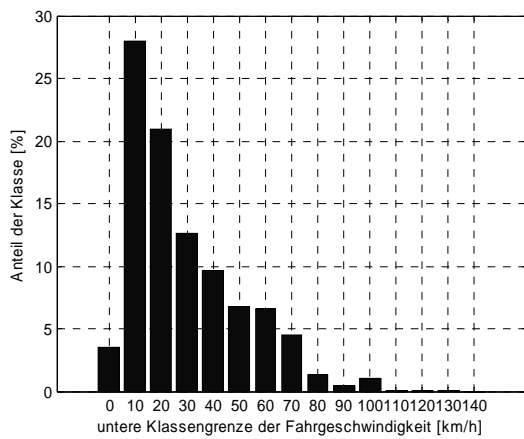


Bild 8: Fahrgeschwindigkeitsanteile in den Messdaten

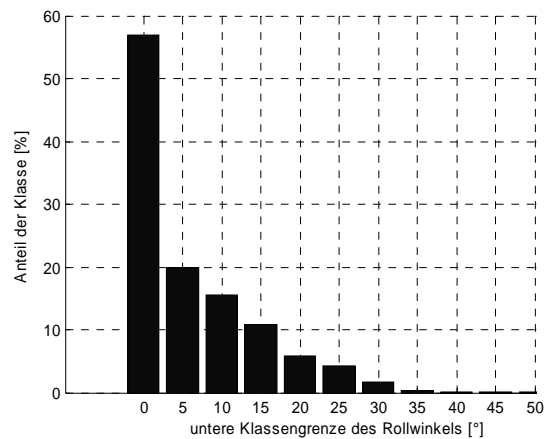


Bild 9: Rollwinkelanteile in den Messdaten

3. Ergebnisse

Aus einer umfangreichen Lösungsmenge zur Überprüfung wurden auf der Messung von Drehraten, Beschleunigungen und Fahrgeschwindigkeit basierende Messstrategien ausgewählt. Mit modellbasierten Ansätzen für die Ermittlung des stationären Rollwinkels gelingt eine Kompensation des Wegdriftens des integrierten Rollratesignals (das ähnlich zu den „strap-down“-Navigationsplattformen berechnet wurde). Die drei dafür herangezogenen Varianten (vgl. Tabelle 1) besitzen bei den untersuchten Manövern unterschiedliche Abweichungen vom Referenzsignal. Wie im Weiteren gezeigt wird, erscheinen alle für den Einsatz in einem rollwinkelgesteuerten Bremssystem geeignet. Die Abweichungen liegen im Bereich der Rollwinkelvariation, die selbst bei einer stationären Kreisfahrt beobachtet werden (vgl. Bild 12). Dass dies nicht mit einer verringerten Dynamik erkaufte wurde, zeigt Bild 13.

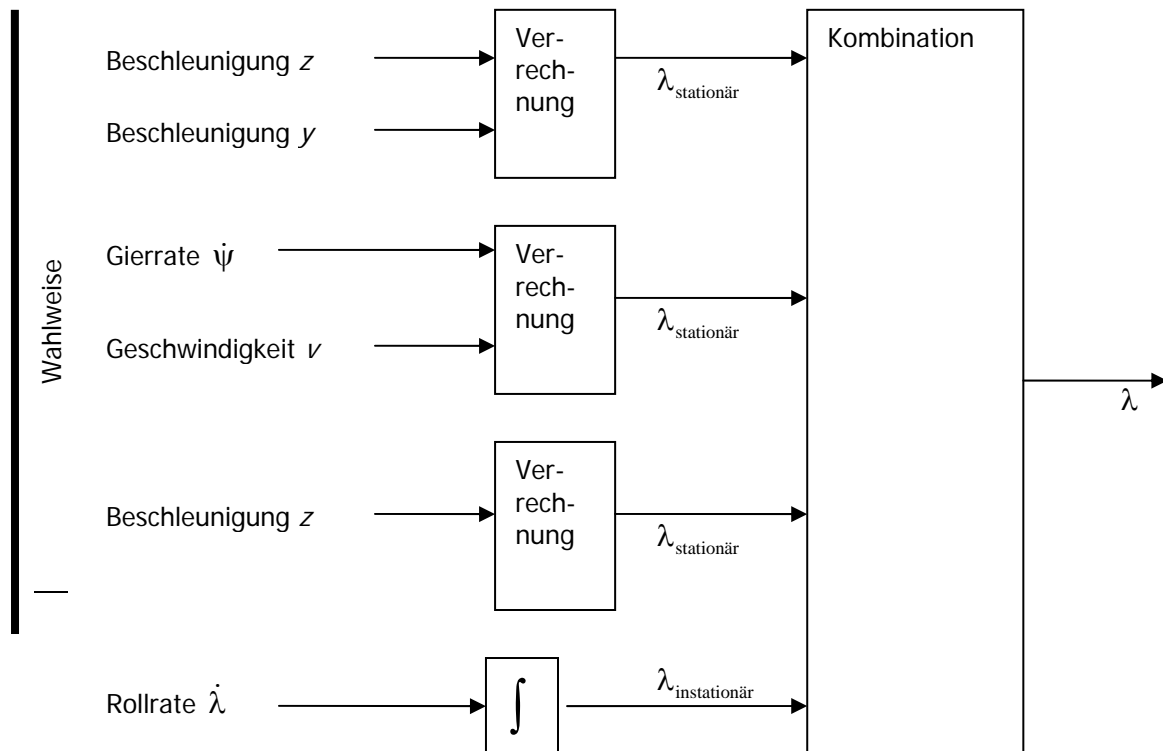


Bild 10: Konzept der Ermittlung des Rollwinkels

Für die Kombination der Signale wurde am Fachgebiet Fahrzeugtechnik (FZD) der Technischen Universität Darmstadt ein Verfahren entwickelt, das mit geringer Rechenleistung und einer kleinen Anzahl an Parametern auskommt. Mit diesem Verfahren wird eine hohe Dynamik erreicht bei dennoch ausreichender Genauigkeit auch bei Langzeitmessungen. Die über alle Manöver gemittelte Streuung im Vergleich zeigt die letzte Spalte der Tabelle 1.

Tabelle 1: Messgüte von exemplarisch implementierten Algorithmen

Messtrategie	instationärer Anteil	stationärer Anteil	Standardabweichung
1	Integrierte Rollrate	Beschleunigung y, z	2,8°
2		Gierrate, Fahrge- schwindigkeit	3,4°
3		Beschleunigung z	3,7°

Die Ergebnisse der einzelnen Messtrategien bei den verschiedenen Versuchsarten zeigt Bild 11. Bei nahezu allen Versuchsanordnungen liegen die Messtrategien 1 und 2 ähnlich gut. Lediglich bei beschleunigter Kurvenfahrt ist ein deutlicher Unterschied erkennbar. Nur bei Nickanregung ist Messtrategie 3 besser als 1 und 2.

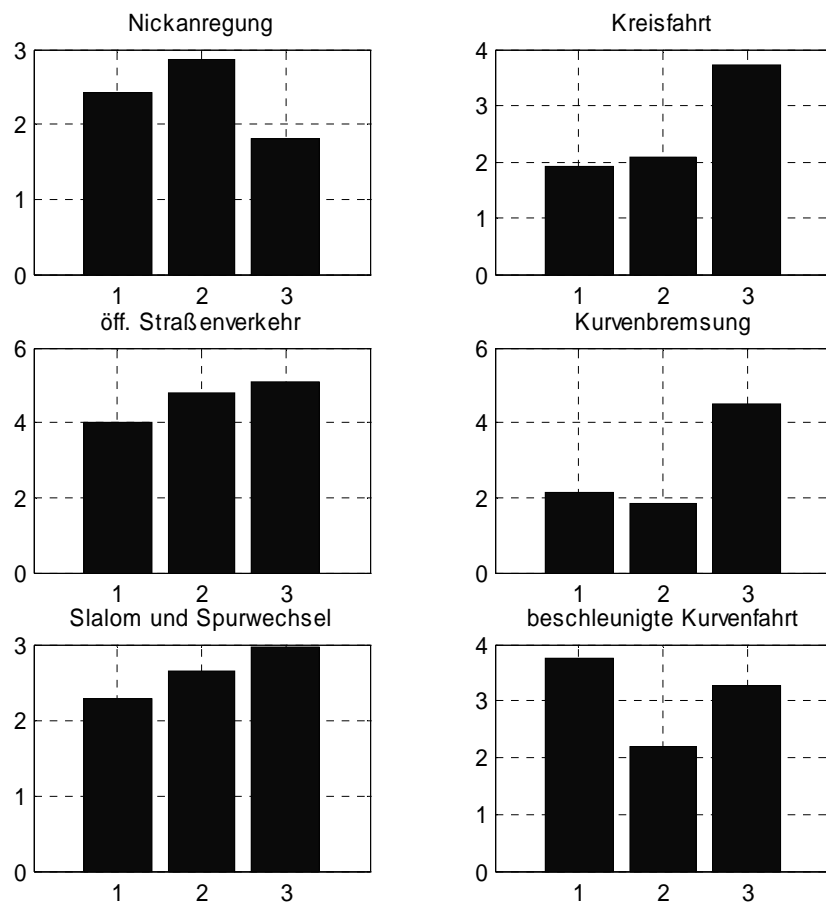


Bild 11: Standardabweichung der Messtrategien für unterschiedliche Manöver

Einen Vergleich zwischen der Referenzmessung des Rollwinkels und dem mit der Messstrategie 1 ermittelten Rollwinkel beinhaltet Bild 12. Das Rollwinkelsignal zeigt keine Drift und folgt dem Referenzrollwinkel bis auf einige kurze Spitzenwerte. Auch die Einlenkphase zu Beginn der Fahrt zeigt keinen erkennbaren Zeitverzug. Trotz des Versuchsauftrags einer möglichst stationären Kreisfahrt an den Fahrer, lässt sich diese im Versuchsbetrieb nicht ohne Variationen im Bereich von 5° durchführen. Die Abweichungen zwischen Referenzsignal und des Signals der hier gewählten Messstrategie 1 sind dagegen vernachlässigbar. Es darf sogar vermutet werden, dass die Spitzen der Variation mit der Messstrategie 1 besser wiedergegeben werden als mit dem Referenzsignal.

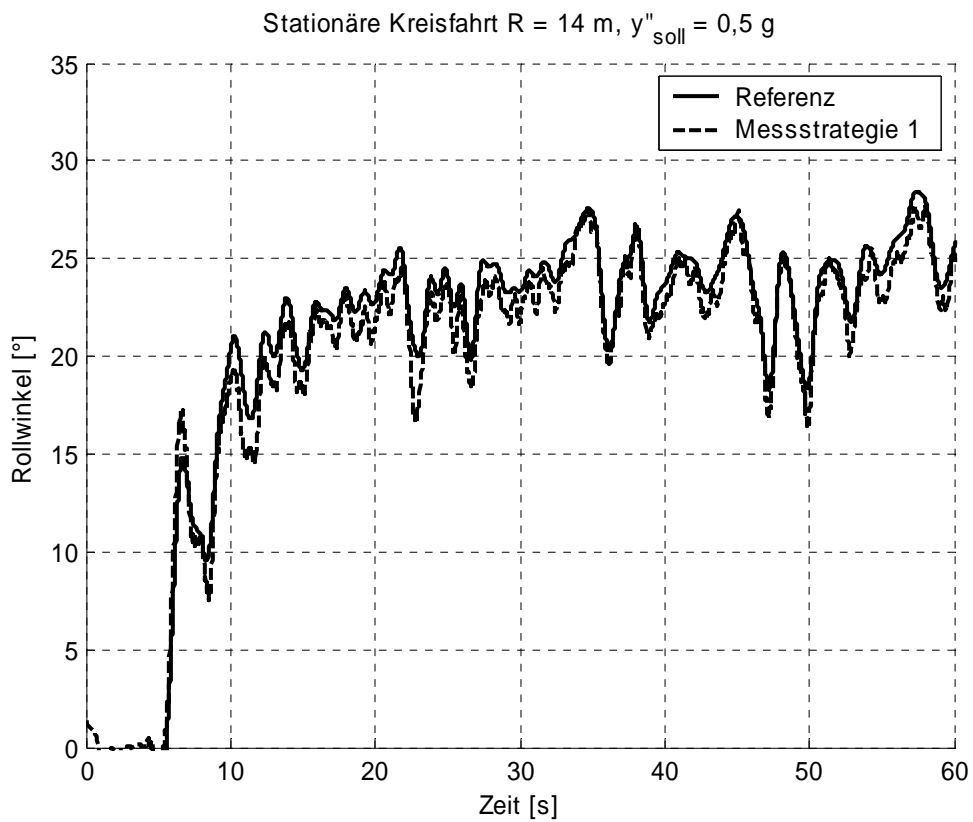


Bild 12: Vergleich Rollwinkelreferenz mit Messstrategie 1 für stationäre Kreisfahrt

Der ermittelte Rollwinkel zeigt auch bei hochdynamischen Fahrmanövern wie dem VDA-Spurwechsel keine deutlichen Dynamikprobleme (Bild 13). Erkennbare Abweichungen vom Referenzsignal treten vor allem im Bereich geringer Rollwinkel bis etwa 5° auf. Dieser Bereich ist fahrdynamisch mit der Geradeausfahrt vergleichbar.

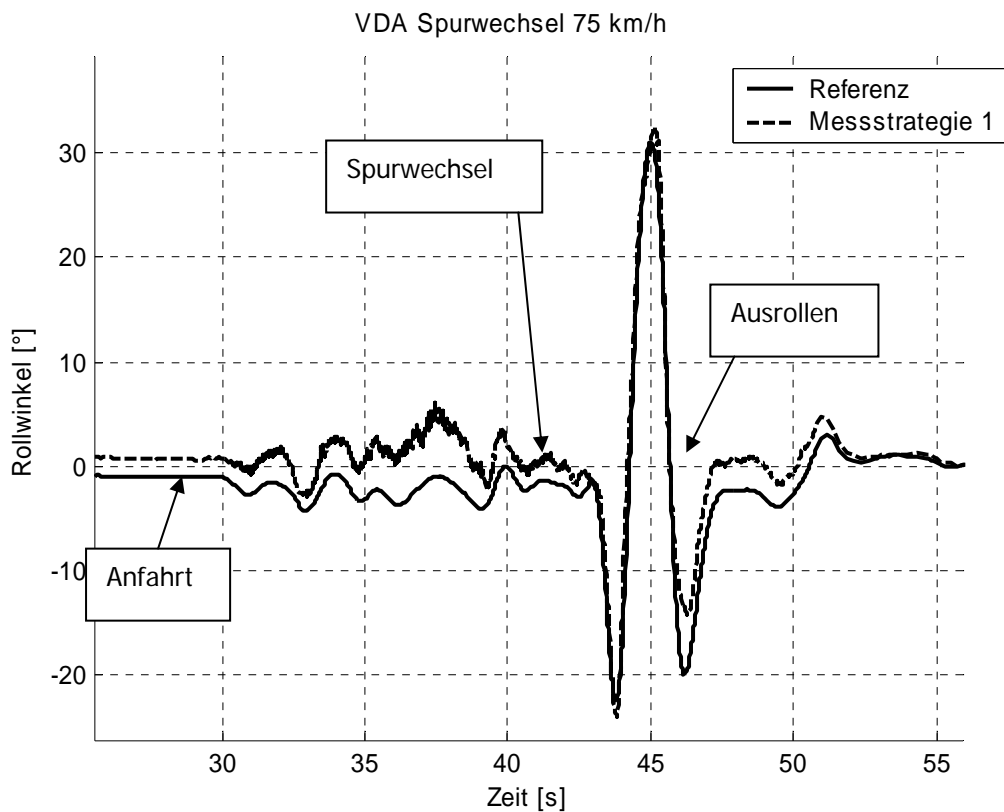


Bild 13: VDA-Spurwechsel, 75 km/h

Einen Vergleich des Referenzrollwinkels mit Messstrategie 1 zeigt Bild 14. Offensichtliche Ungenauigkeiten des Rollwinkelsignals im Bereich der stationären Kreisfahrt vor Auslösung der Bremsung liegen in einem tolerierbaren Bereich (etwa 3°). Auch im Bereich der Kurvenbremsung ist das Signal niemals mehr als 3° von der Referenzmessung entfernt.

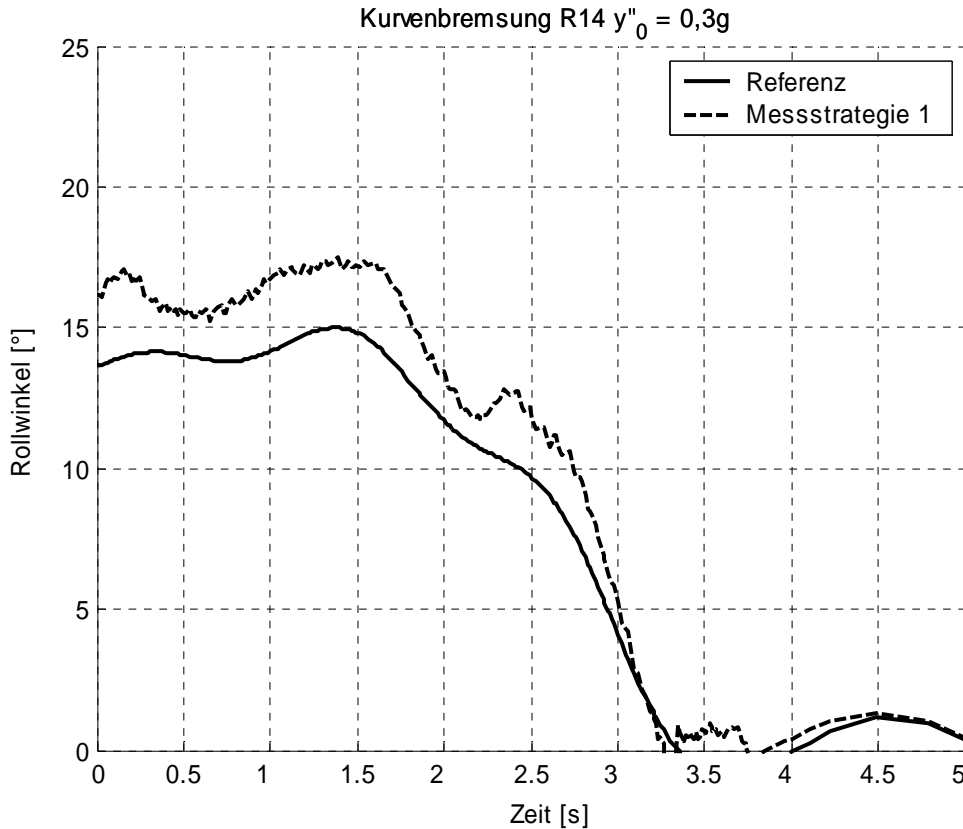


Bild 14: Kurvenbremsung

4. Fazit und Ausblick

Mit schon heute in Großserie verfügbaren Sensoren für die Rollrate und zusätzlich Sensorik für Beschleunigung, Geschwindigkeit und Gierrate wurden Messsysteme für den Rollwinkel aufgebaut und überprüft. Der Aufwand für die Sensorik liegt nach diesen ersten Erkenntnissen im Bereich des für den Pkw heute bereits Üblichen.

Die dafür entwickelten drei Messstrategien zur Bestimmung des Rollwinkels unter Verwendung des von FZD entwickelten Kombinationsalgorithmus wurden in die tägliche Fahrpraxis repräsentierenden Versuchen erprobt. Die dabei beobachteten geringen Streuungen erlauben eine Umsetzung für die Serienanwendung zur rollwinkelgesteuerten ABS-Bremung und weiteren fahrdynamischen Eingriffsstrategien.

Die Messstrategien 1 (Rollrate, y - und z -Beschleunigung) sowie 2 (Rollrate, Gierrate und Geschwindigkeit) erscheinen besonders gut geeignet für eine serienmäßige Sensorik. Messstrategie 3 erreicht nicht die Genauigkeit dieser beiden Verfahren, kann jedoch als Rückfallebene für Messstrategie 1 zum Einsatz kommen.

5. Literatur

- (1) [KING] King, A.D.: Inertial Navigation – Forty Years of Evolution. GEC Review, Vol. 13, No. 3, 1998.
- (2) [PRÄCKEL] Präckel, Jürgen: Bremsverhalten von Fahrern von Motorrädern mit und ohne ABS. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft F18. Verlag für neue Wissenschaft, Bremerhaven 1996.
- (3) [SCHMIEDER] Schmieder, Martin et. al.: Kraftschlusspotentiale moderner Motorradreifen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft F 9. Verlag für neue Wissenschaft, Bremerhaven 1994.
- (4) [STOFFREGEN] Stoffregen, Jürgen: Motorradtechnik, Grundlagen und Konzepte von Motor, Antrieb und Fahrwerk; 4. Auflage, ATZMTZ-Fachbuch, Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden, 2001.
- (5) [WEIDELE] Weidele, Alois: Untersuchungen zum Bremsverhalten von Motorrädern unter besonderer Berücksichtigung der ABS-geregelten Kurvenbremsung; VDI-Fortschritt-Berichte Reihe 12 Nr. 210, VDI-Verlag; 1994.

**Das Motorrad Integral Bremssystem MIB:
ein fortschrittliches Bremssystem
für funktional hoch entwickelte Motorräder**

**The Motorcycle Integral Brakesystem MIB:
an advanced brake solution for high performance motorcycles**

**Le système de freinage intégral pour moto MIB :
Une solution de freinage optimale pour des motos intégrant
des technologies avancées.**

Oliver Hoffmann, Alfred Eckert, Jürgen Woywod
Continental Teves AG & Co. oHG, Germany

Kurzfassung

Stand der Technik im Bereich der Bremssysteme für Motorräder sind hydraulische 2-kreisige Bremsanlagen, die mit ABS-Systemen ergänzt werden, um die Stabilität und die Sicherheit des Motorrades beim Bremsvorgang zu erhöhen. Darüber hinaus kann mit einer funktionalen Verbindung zwischen den beiden Bremskreisen ein CBS (Combined Brake System) oder ein Integral-Bremssystem aufgebaut werden, wodurch Komfort und Sicherheit gesteigert werden.

Mit dem Motorrad-Integral-Bremssystem MIB, das im Jahr 2006 auf dem Markt eingeführt wird, haben die Motorradhersteller die Möglichkeit, nahezu jede Integral-Bremscharakteristik zu realisieren und per Software einzustellen. Zusätzlich kann der Bremsdruck in jedem Radkreis unabhängig von der Fahrerbetätigung eingestellt werden, so dass eine Reaktion des Bremssystems passend zu der Fahrsituation möglich ist. Damit lassen sich Zusatzfunktionen wie zum Beispiel ein verbessertes ABS, RLP (Rear Wheel Lift off Protection), HSA (Hill Start Assist) realisieren. Diese Zusatzfunktionen können dann entsprechend der Philosophie des Motorradherstellers angepasst werden.

Der Vortrag behandelt die Systematik des Motorrad-Integral-Bremssystems, verglichen mit anderen Bremssystemen und deren hydraulischen und funktionalen Möglichkeiten.

Abstract

Brake systems for motorcycles have a wide spread with different technical solutions. Beginning with a conventional brake system with two independent circuits, an ABS system can be added to improve safety and stability. Building up a hydraulic connection between the front actuation and the rear calliper or vice versa, a combined brake system can be build up in order to enhance safety and comfort.

With the Motorcycle Integral Brakesystem MIB, which will be introduced 2006 in the market, motorcycle manufacturers have the possibility to realize any combined integral functionality characteristic. In addition to that the pressure in each brake circuit can be build up actively so that nearly each reaction of the system at any driving situation is possible. Integral brake functions can be adapted to the philosophy of the motorcycle manufacturer as well as lots of additional functions which were impossible until now.

The lecture will be about the Motorcycle Integral Brakesystem, its systematic compared with other brake systems and its different hydraulic and functional possibilities.

Résumé

Il existe différentes technologies concernant les systèmes de freinages pour moto. D'une part le système de freinage conventionnel avec deux circuits hydrauliques indépendants, auquel un système ABS peut être couplé afin d'augmenter la stabilité et la sécurité de la moto. D'autre part un système de freinage combiné (CBS) ou bien un système de freinage dit intégral peuvent améliorer la sécurité et le confort à l'aide d'un échange fonctionnel établi entre l'axe avant et l'axe arrière.

Avec le système de freinage intégral pour moto MIB qui sera introduit sur le marché en 2006, les constructeurs de motos auront la possibilité de réaliser presque n'importe quel profil de freinage à l'aide d'une fonction logicielle. De plus les pressions dans chaque circuit de freinage peuvent être modulées activement, indépendamment des actions du conducteur, de façon à adapter la réaction du système de freinage à toutes les situations de conduite. Il est ainsi possible d'adapter toutes les fonctions existantes, telles que l'ABS, le RLP (Rearwheel Lift off Protection), le HSA (Hill Start Assist), etc. aux différentes philosophies des constructeurs, et à de nouvelles stratégies de freinage dont la réalisation était impossible jusqu'à présent.

La présentation concerne la flexibilité du système de freinage intégral pour moto MIB, les possibilités hydrauliques et fonctionnelles qu'il propose, en comparaison aux systèmes de freinage déjà existants.

**Das Motorrad Integral Bremssystem MIB:
ein fortschrittliches Bremssystem
für funktional hoch entwickelte Motorräder**

Einleitung

Motorrad-Bremsanlagen befinden sich in einem kontinuierlichen technischen Weiterentwicklungsprozess. Ständige Triebfeder ist der Wunsch des Endkunden, den Komfort, den Fahrspaß und die Sicherheit dauernd zu verbessern.

Die Erhöhung des **Komforts** heißt einerseits die Entwicklung von Bremsanlagen, bei denen durch Betätigung des Handbremshebels bei geringen Betätigungs Kräften geringfügige Geschwindigkeitskorrekturen erreichen lassen, wobei das Handhebelgefühl mit dem Gefühl der Verzögerung übereinstimmen und das Verzögerungsverhalten widerspiegeln sollte. Zudem dienen Zusatzfunktionen, die sich mit dem Bremssystem oder im Verbund mit anderen Systemen des Motorrades realisieren lassen, ebenso der Komforterhöhung. Dies sind zum Beispiel Bremssysteme, die das Zurückrollen am Hang beim Anfahren effektiv verhindern oder ein komfortables Anfahren am Hang ohne Ausbalancieren durch Gasgeben und Bremsen durch den Fahrer ermöglichen.

Fahrspaß heißt in Bezug auf die Basis-Bremsanlage ein direktes Ansprechen der Bremse mit einer der Motorradcharakteristik angepassten Kennlinie der Bremswirkung des Handbremshebels und des Verzögerungsverhaltens. Der Fahrer erwartet eine direkte Reaktion des Motorrades auf seinen Wunsch, zu verzögern. Darüber hinaus können Zusatzfunktionen den Fahrspaß erhöhen. Dies sind zum Teil solche, die auch den Komfort erhöhen und die Reduzierung der Betätigungselemente, um eine der Fahrsituation angepasste Bremswirkung zu erreichen. Generell heißt Fahrspaß jedoch das Wecken von Emotionen beim Fahren, wodurch das Fahren als angenehm empfunden wird.

Der Wunsch nach **Sicherheit** ist insbesondere beim Motorrad, mehr noch als bei einem Pkw, vorrangig, da bei Eintreten einer kritischen Fahrsituation und eines daraus resultierenden Sturzes die Folgen wesentlich schwerwiegender sein können. Auch wenn die (eventuell auch unbewusste oder verdrängte) Risikobereitschaft von Motorradfahrern höher ist als bei Pkw-Fahrern, so stehen die Anzahl der Verkehrstoten zunehmend in der öffentlichen Kritik. Der Anteil der verkehrstoten Motorradfahrer an der Gesamtzahl der Verkehrstoten ist unter Berücksichtigung der Kilometerleistung vergleichsweise hoch, so dass die aktive und passive Sicherheit von Motorradfahrern auch in Zukunft ständig verbessert werden muss. ABS wird dabei eine zunehmende Bedeutung gewinnen, da dieses System in der Lage ist, die Stabilität des Fahrzeugs zu erhalten und damit einen Sturz und eine unkontrollierte Kollision eines Motorradfahrers mit einem Hindernis zu verhindern. Die Erhaltung der Stabilität ist daher das vorrangige Ziel. Auch wenn ein Aufprall nicht zu vermeiden ist, ergibt sich durch ABS eine geringere Aufprallenergie und eine durch die aufrechte Sitzposition des Fahrers günstigere Kollisionslage. Als nächstes folgt die Erreichung von kurzen Bremswegen, da die Reduzierung der Kollisionsgeschwindigkeit ebenso die Unfallfolgen reduzieren kann, was durch ein solches System ebenso unterstützt wird. Um die hieraus resultierenden Anforderungen und Möglichkeiten aus technischer Sicht zu

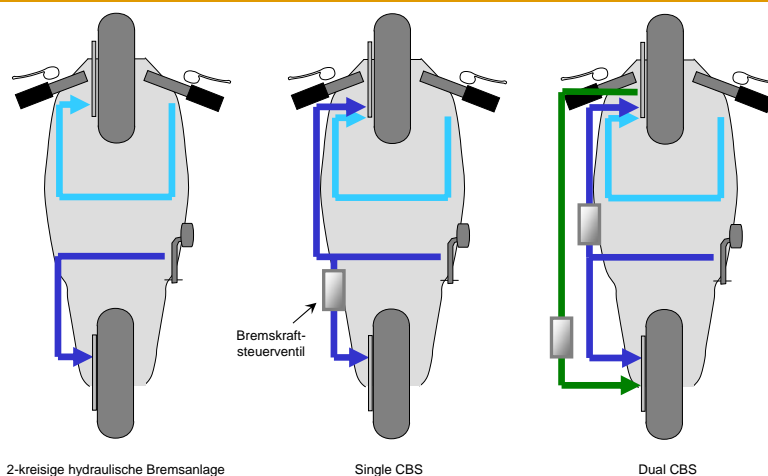
beleuchten, wird im Folgenden die Systematik der Bremsanlagen aufgezeigt und anschließend die Funktionsmöglichkeiten bestimmter Ausführungsformen erläutert.

Systematik der Motorrad-ABS-Bremsanlagen

Hydraulische Bremsanlagen

Die Systematik der Motorrad-Bremsanlagen ist als Darstellung der Evolution der Anlagen zu verstehen und beginnt mit einer 2-kreisigen Bremsanlage, bei welcher der Fahrer durch Betätigung zum Beispiel eines Handbremshebels einen hydraulischen Druck erzeugt, der über Hydraulikleitungen an die Vorderradbremse weitergeleitet wird, wo der Druck in eine Bremskraft am Rad umgewandelt wird. Gleiches gilt für die Betätigung des Fußbremshebels (resp. zweiter Handbremshebel). Als Bremsanlagen werden heutzutage hauptsächlich Scheibenbremsen eingesetzt. Solche Bremsanlagen sind technisch ausgereift, vielfältig verwendet, werden ohne zusätzliche Maßnahmen jedoch nicht den Anforderungen einer modernen Bremsanlage für Motorräder in Bezug auf die Vermeidung von Blockaden an den Rädern gerecht. Der Fahrer muss zum Erreichen eines kurzen Bremsweges den Druck in dem Bremssystem selbsttätig modulieren, das heißt entsprechend der idealen Bremskraftverteilung den Bremsdruck am Vorderrad möglichst schnell aufbauen, ohne das Rad in die Blockade zu bringen und am Hinterrad ebenfalls möglichst schnell aufbauen, dann aber wegen der dynamischen Schwerpunkterverlagerung während der Bremsung wieder reduzieren. Nur ein solches Verhalten garantiert einen kurzen Bremsweg bei gleichzeitiger Erhaltung der Stabilität des Motorrades.

Wirkprinzipien hydraulischer Bremsanlagen



Automotive Systems
Electronic Motorcycle Brakesystems
1 / O. Hoffmann / EPM / Druckdatum © Continental AG

Continental
TEVES

Bild 1

Im Allgemeinen ist ein Motorradfahrer jedoch mit einer solchen Aufgabe, insbesondere in Notsituationen, vollkommen überfordert. Dies führt entweder dazu, dass das Fahrzeug nicht optimal verzögert wird (der Druckaufbau entweder zu schwach, zu spät oder zu flach erfolgt) oder die Räder überbremst werden, das heißt blockieren, was zwangsläufig die Stabilität des Fahrzeugs gefährdet und normalerweise zu einem Sturz führt.

Um eine nahezu ideale Bremskraftverteilung an Vorder- und Hinterrad zu gewährleisten, sind Motorräder mit so genannten CBS-Systemen (Combined Brake Systems) auf dem Markt erhältlich. Diese gibt es in 2 Ausführungsformen:

- Single CBS, bei dem die Handbetätigung auf das Vorderrad, die Fußbetätigung (oder die zweite Handbetätigung) auf Vorder- und Hinterrad wirkt. Damit lassen sich auch durch Betätigung nur eines Bedienelementes relativ hohe Verzögerungen erreichen.
- Dual CBS, bei dem mit Betätigung des Hand- und des Fußbremshebels beide Räder verzögert werden.

Solche Systeme sind hydraulisch relativ aufwendig, da bei beiden Systemen ein schwimmend gelagerter Vorderradsattel mit zusätzlich angeschlossenem Betätigungszyylinder (so genannter Sekundärzylinder) notwendig ist. Dieser sorgt für den Druckaufbau auf dem Hinterrad, was jedoch zusätzlich eine hydraulische Verbindung vom Vorderradsattel zum Hinterradsattel bedeutet. Zudem ist der Vorderradsattel hydraulisch geteilt (zum Beispiel 5 Kolben verbunden mit der Handbetätigung, 1 Kolben verbunden mit der Fußbetätigung), was ebenfalls einen entscheidenden Einfluss auf die Kosten des Gesamtsystems hat. Mit einer Ergänzung dieser Bremssysteme durch Druckbegrenzer oder Bremskraftsteuerventile wird für die Druckbegrenzung an Vorder- und Hinterrad entsprechend einer gewünschten Bremskraftverteilung gesorgt.

Hydraulische ABS-Bremsanlagen

Die Verhinderung der Blockade der Räder und damit die Beibehaltung der Stabilität kann jedoch nur mit einem System gewährleistet werden, das den Bremsdruck aktiv moduliert, das heißt in bestimmten Situationen den Bremsdruck reduziert, damit bei einer drohenden Blockade des abgebremsten Rades dieses wieder beschleunigen kann und damit die Seitenführungskraft beibehalten wird. Solche Antiblockiersysteme (ABS) sind für Pkw schon seit der Einführung im Jahr 1978 erhältlich. Seit dem gelten sie als ein Schlüsselement der aktiven Sicherheit, was sich auch darin ausdrückt, dass sie für den europäischen Markt seit 2004 bei Neuwagen gesetzlich vorgeschrieben sind.

Das erste Motorrad-ABS-System wurde 1988 bei einer BMW K100LT eingeführt und erlebt seitdem auch im Motorrad Bereich eine zunehmende Anerkennung. Es ist dabei unumstritten, dass die Verhinderung der Blockade der Räder die Stabilität des Fahrzeugs gewährleistet und damit Unfälle vermeiden bzw. Unfallfolgen erheblich reduziert werden können.

Bei einem zweikreisigen Bremssystem wird das ABS zwischen die Betätigung und die Radbremse geschaltet. Es erkennt in jedem Hydraulikkreis über Raddrehzahlsensoren die Bewegung der Räder. Sollte bei einem Rad während einer Bremsung die Umdrehungsgeschwindigkeit überproportional stark abfallen, wird dies erkannt und über eine Ventilmimik der Bremsdruck wieder reduziert. Hat das Rad die Referenzgeschwindigkeit des Fahrzeugs wieder nahezu erreicht, wird der Bremsdruck wieder erhöht um das Fahrzeug weiter abzubremesen.

Für eine Single-CBS-ABS Anlage sieht das Prinzip ähnlich aus, nur dass durch die Verbindung der Hinterradbetätigung mit dem Vorderrad ein weiterer Modulatorkreis vorhanden ist. Solche Anlagen benötigen insgesamt drei Kanäle, die unabhängig voneinander geregelt werden können.

Wirkprinzipien hydraulischer ABS Bremsanlagen

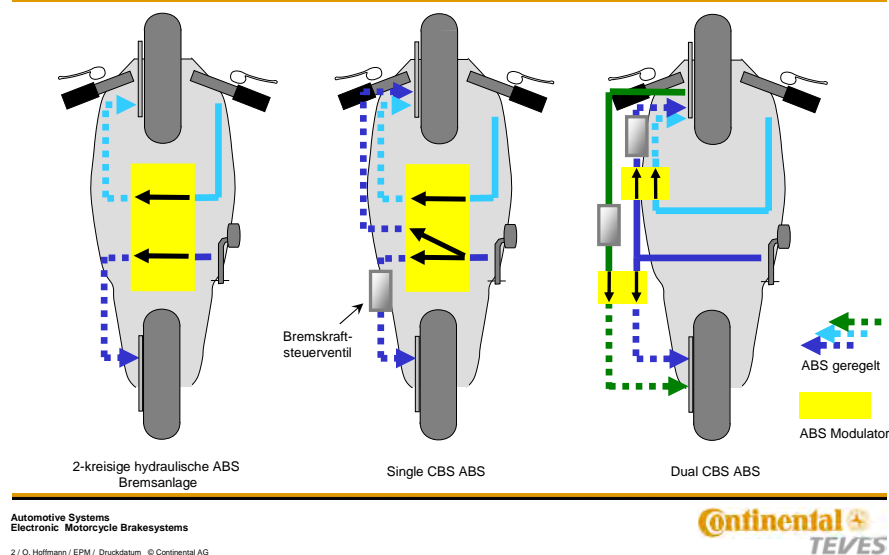


Bild 2

Das Dual-CBS-ABS zeichnet sich dadurch aus, dass die bereits erwähnte Dual-CBS-Bremsanlage durch ABS-Modulatoren ergänzt wird. Dabei müssen insgesamt vier Regelkanäle verwendet werden, da jeweils einer für die Bremsdruckregelung von der Handbetätigung zum Vorderrad, von der Fußbe-

tätigung zum Vorder- und Hinterrad und vom Sekundärzylinder des Vorderrades an das Hinterrad benötigt wird.

Weiterhin gibt es Systeme auf dem Markt, die zu der CBS-ABS-Funktion eine Verstärkungsfunktion integriert haben. Diese sollen die Betätigungskräfte reduzieren, um den Komfort beim Bremsen zu erhöhen. Die Hydraulik der Bedienelemente wird dabei von den Radbremsen getrennt. Eine Hydraulikpumpe wird bei jeder Betätigung, auch Teilbremsungen, aktiviert, so dass der Druck im Radbremszylinder aufgebaut werden kann.

Elektro-hydraulische Integral-Bremsanlagen

Die reinen ABS-Anlagen sind passiv, da sie keinen Bremsdruck autonom aufbauen können. Aus dem Pkw-Bereich sind jedoch Aggregate bekannt, die in der Lage sind, an einzelnen Rädern aktiv, also autonom, Druck aufzubauen. Solche Anlagen werden eingesetzt, um ein Elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP) zu realisieren. Dieses Prinzip wird im Motorradbereich dazu verwendet, elektronische Integralbremsanlagen zu entwickeln. Dies können zunächst, analog zu der Single-CBS-Anlage, Geräte sein, die bei einem Fahrerwunsch der Fußbetätigung einen Druck auf der Bremse des Vorderrades aufbaut. Dies ist eine Teilintegralbremse mit der Wirkrichtung nach vorne. Analog kann auch eine Teilintegralanlage mit der Wirkrichtung nach hinten aufgebaut werden, indem für jede Betätigung des Handbremshebels ein Druck auf dem Hinterrad über eine elektrisch angesteuerte Pumpe erzeugt wird.

Wirkprinzipien elektrischer Integral Bremsanlagen

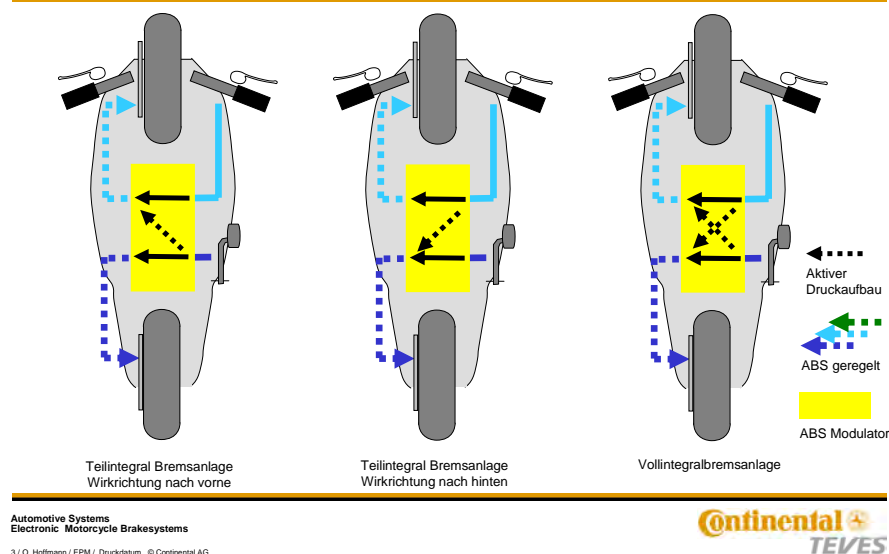


Bild 3

Werden bei Betätigung eines Bremsbedienelementes immer beide Räder abgebremst, so spricht man von einer Vollintegralanlage. Diese Anlage ist vom Prinzip her in der Lage, an beiden Rädern aktiv Druck aufzubauen. Dadurch können auch einige Zusatzfunktionen realisiert werden, die fahrsituationsabhängig, ebenso in Verbindung mit anderen Steuergeräten, die Bremsen mit Druck beaufschlagen.

Die detaillierte Funktionsweise der 2-kanaligen ABS-Anlage, der Teilintegralanlage mit der Wirkrichtung nach hinten und der Vollintegralanlage wird im Folgenden beschrieben.

Funktionspotenziale verschiedener Bremsanlagen

Zur Umschreibung der Möglichkeiten der verschiedenen Bremsanlagen kann die Unterteilung, wie in der Einleitung erwähnt, nach Komfort, Fahrspaß und Sicherheit herangezogen werden. Diese Unterteilung ist jedoch stark abhängig von dem Fahrzeug oder dem Fahrertyp. Ein Cruiserfahrer wird Komfortkriterien anders einschätzen als der Fahrer einer Sportmaschine. Zudem sind die Details auch abhängig von der Philosophie eines jeden Motorradherstellers. Trotzdem soll hier der Versuch unternommen werden, die oben genannten Systeme generell im Hinblick auf Fahrkomfort, -spaß und -sicherheit zu bewerten.

Performancebeurteilung der Bremsanlagen

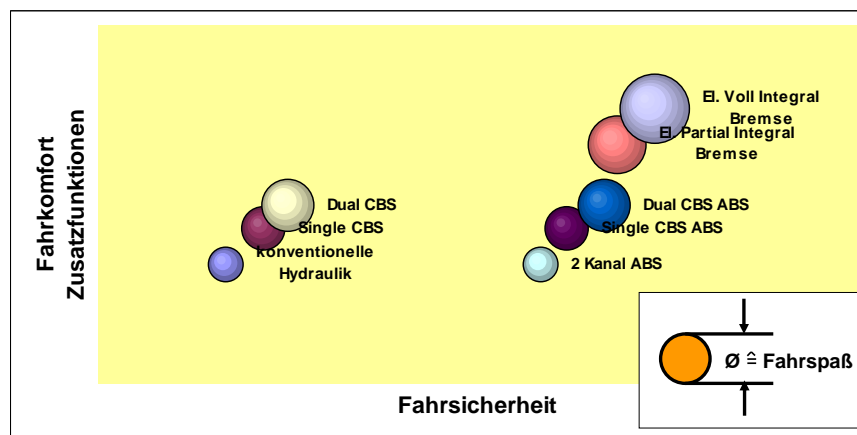


Bild 4

Erhöhung der Fahrsicherheit heißt zunächst, ausgehend von der konventionellen Hydraulik, dass durch die Abbremsung beider Räder mit Aktivierung einer Betätigung höhere Verzögerungen auftreten beziehungsweise bei gegebener Verzögerung die Blockierneigung eines Rades reduziert wird. Über die vorgegebene Bremskraftverteilung wird die Blockierneigung eines Rades verringert. Dies ist im Wesentlichen mit der Einführung der CBS-Systeme der Fall.

Einen großen Sicherheitsgewinn erleben die Bremssysteme mit der Einführung der 2-kanaligen ABS-Anlagen, welche die Stabilität des Motorrades während eines Bremsvorgangs erheblich verbessern und die Häufigkeit von Stürzen reduzieren. Über die fest vorgegebene Bremskraftverteilung der CBS-Anlagen wird das Sicherheitspotenzial, wie bei den CBS-Systemen ohne ABS, erhöht. Die elektronischen Integralanlagen können bezüglich Fahrsicherheit durch die elektrische Bremskraftverteilung den Bremsweg noch einmal verkürzen, was ebenso ein Sicherheitsgewinn bedeutet.

Die Erhöhung des Fahrkomforts kann zum Beispiel durch den Einsatz hydraulischer Integralanlagen wie CBS erfolgen. Durch die Aktivierung eines Betätigungselementes wird eine hohe Verzögerung erreicht und dabei, je nach System, die Nickbewegung reduziert. Werden Zusatzfunktionen zum Fahrkomfort mitgezählt, so lassen sich mit den elektronischen Integralsystemen Funktionen darstellen, die dem Fahrer die Bedienung erleichtern. Einige dieser Zusatzfunktionen werden im Anschluss behandelt.

Der Fahrspaß ist die Größe, die sich am schwersten fassen lässt und am allermeisten von den persönlichen Vorlieben eines Motorradfahrers oder der Herstellerphilosophie abhängt. Sie hat in erster Linie mit Emotionen zu tun, die der Motorradfahrer erlebt. In der Auslegung der Basisbremse bedeutet dies eine direkt ansprechende Bremse mit einem eindeutig reproduzierbaren Druckpunkt am Handbremshebel, der die Verzögerungscharakteristik widerspiegelt. Durch die Einführung der CBS- sowie CBS-/ABS-Anlagen wird diese positiv beeinflusst, da das Motorrad nicht so stark einnickt und bei Druckaufbau an einer Betätigung relativ hohe Verzögerungen erreicht werden können.

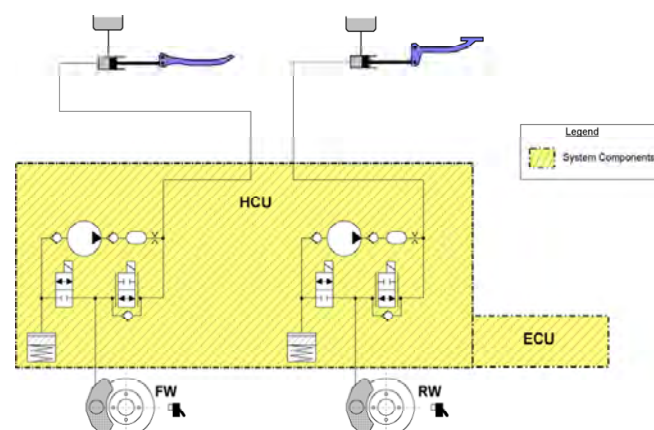
Mit Hilfe der elektronischen Integralanlagen können jedoch zudem die Funktionen wesentlich detaillierter auf die spezifischen Anforderungen des Motorradherstellers und des Endkunden angepasst werden, so dass ebenso der Fahrspaß erhöht wird.

Funktionsweise elektro-hydraulischer Bremsanlagen mit Ventilansteuerung – 2-kanalige ABS-Anlage

Bei dieser HECU (Hydraulic-Electronic Control Unit) sorgen zwei Ventile (ein Einlass-, ein Auslassventil) pro Radkreis für die Modulation des Bremsdrucks am Rad. Das Einlassventil bewirkt im ABS-Fall, dass der Betätigungszyylinder hydraulisch von der Radbremse getrennt wird. Das Auslassventil wird geöffnet, um das in der Radbremse befindliche hydraulische Volumen in den Niederdruckspeicher entweichen zu lassen, wodurch die Bremskraft reduziert und das Rad wieder beschleunigt wird. Hat das Rad wieder die Referenzgeschwindigkeit des Fahrzeugs erreicht, so wird das Auslassventil geschlossen und das Einlassventil wieder geöffnet, so dass der Fahrer wieder Bremsdruck am Rad aufbauen kann.

Eine hydraulische Pumpe fördert das im Niederdruckspeicher befindliche Hydraulikvolumen wieder in Richtung Betätigungszyylinder. Der kontinuierliche Druckauf- und -abbau wird vom Fahrer als Pulsieren in den Betätigungselementen wahrgenommen, wodurch ihm die Aktivität des ABS mitgeteilt wird. Er weiß damit, dass er sich an der μ -Schlupf-Genze befindet. Das Einlassventil ist dabei so ausgeführt, dass es im unbestromten Zustand offen ist, das heißt, den hydraulischen Druck zur Bremse leitet. Das Auslassventil ist im stromlosen Zustand geschlossen. Dadurch wird bei Ausfall der ECU der hydraulische Druck des Bremszylinders direkt an die Radbremse weitergeleitet, was dem Fahrer auch im Cockpit mittels einer Warnlampe angezeigt wird.

**Motorrad Antiblockier Bremssystem (MAB)
Systemdiagramm**



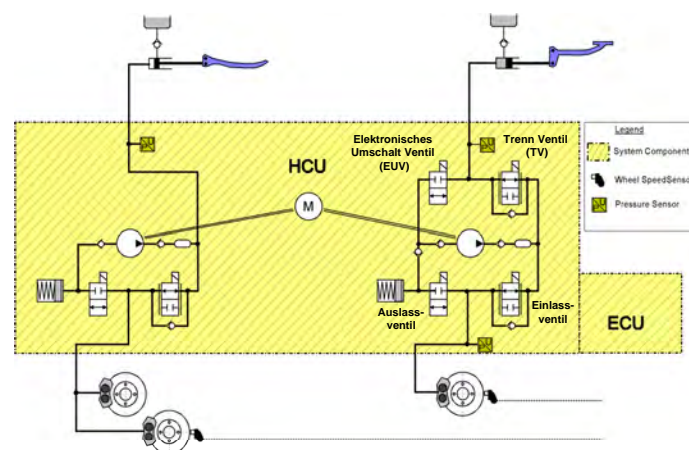
Die Drehung der Räder wird mit Hilfe von Raddrehzahlsensoren am Vorder- und Hinterrad detektiert. Zudem ist die ECU an das 12-V-Fahrzeuginstrumentnetz angeschlossen, um die HECU mit der benötigten Energie zu versorgen. Die Ansteuerung von Cockpit-Warnlampen kann ebenso über die ECU erfolgen. Ein Anschluss an das CAN-Netz ist möglich, um anderen Steuergeräten den Zustand des ABS-Systems, interne Signale oder fahrdynamische Größen mitzuteilen.

Teilintegralbremsanlage MIB MK 1-3

Eine Integral-Bremsanlage kann in Ergänzung zu einer reinen ABS-Anlage den Bremsdruck an den Rädern aktiv aufbauen, ohne dass der Fahrer dazu die zugehörigen Betätigungen aktivieren muss. Eine spezielle Ausführungsform ist die Teilintegralbremsanlage, bei der ausschließlich hinten der Bremsdruck aktiv aufgebaut wird. Das heißt, dass mit einem solchen System eine Integralfunktion vom Handbremshebel zum Hinterrad realisiert wird.

Ein Teilintegral-Bremssystem besteht aus insgesamt sechs hydraulischen Ventilen, zwei für den Vorderradkreis, vier für den Hinterradkreis, drei Drucksensoren, jeweils ein Niederdruckspeicher und eine hydraulische Pumpe pro Radkreis und einer ECU (Electronic Control Unit). Die beiden Pumpen jedes Radkreises werden von einem Elektromotor gemeinsam angetrieben.

Motorrad Integral Bremssystem (MIB) Partialintegralbremsfunktion



Betätigt der Fahrer den Handbremshebel, so wird der Druck hydraulisch an die Vorderradbremse weitergeleitet. Gleichzeitig misst der Drucksensor den Druckanstieg und leitet die Information an die ECU weiter. Gemäß vorgegebener Kennlinien, Betriebszustände oder anderer Kenngrößen wird der Motor der Pumpe angesteuert. Zum aktiven Druckaufbau am Hinterrad wird das Trennventil (TV-HR) geschlossen und das Elektrische Umschaltventil (EUV-HR) geöffnet. Dadurch kann die Pumpe die Bremsflüssigkeit aus dem Vorratsbehälter in den hinteren Bremssattel pumpen und Druck aufbauen. Betätigt der Fahrer dabei zusätzlich den Fußbremshebel, so wird bei Erreichen des Radbremsdrucks das EUV-HR wieder geschlossen und das TV-HR geöffnet, so dass der Fahrer wieder den direkten Durchgriff vom Fußpedal zur Hinterradbremse hat.

Die Gestaltung der Übergänge stellt dabei eine besondere Herausforderung dar. Es ist das Ziel, die Übergänge so zu gestalten, dass der Fahrer nahezu keine Fußhebelrückwirkungen spürt. Dies ist durch eine ausgewogene Auslegung der Hydraulik und der Ansteuerungssoftware möglich. Der Vorderradkreis ist bezüglich der Ventilbestückung als ABS Kreis ausgelegt. Es wird lediglich der Druck des Vorderrades moduliert für den Fall, dass das Vorderrad während eines Bremsvorgangs droht, in die Blockade zu laufen.

Für eine möglichst feine Druckmodulation sind drei Ventile (Einlassventil-VR und -HR und Trennventil-HR) als Analogventile ausgeführt. Dies führt zum einen zu einer exakten Einstellung des Drucks an den Rädern und zum anderen zu einer Reduktion der Rückwirkungen an den Bedienelementen, was den Komfort erheblich verbessert.

Vollintegralbremsanlage MIB MK 1-4

Die Vollintegralbremsanlage hat zusätzlich zur Teilintegralbremsanlage (Wirkrichtung nach hinten) die Möglichkeit, am Vorderrad aktiv Druck aufzubauen. Dies wird durch zwei zusätzliche Ventile und einen Drucksensor realisiert, die den Vorderradkreis ergänzen.

Motorrad Integral Bremssystem (MIB) Vollintegralbremsfunktion

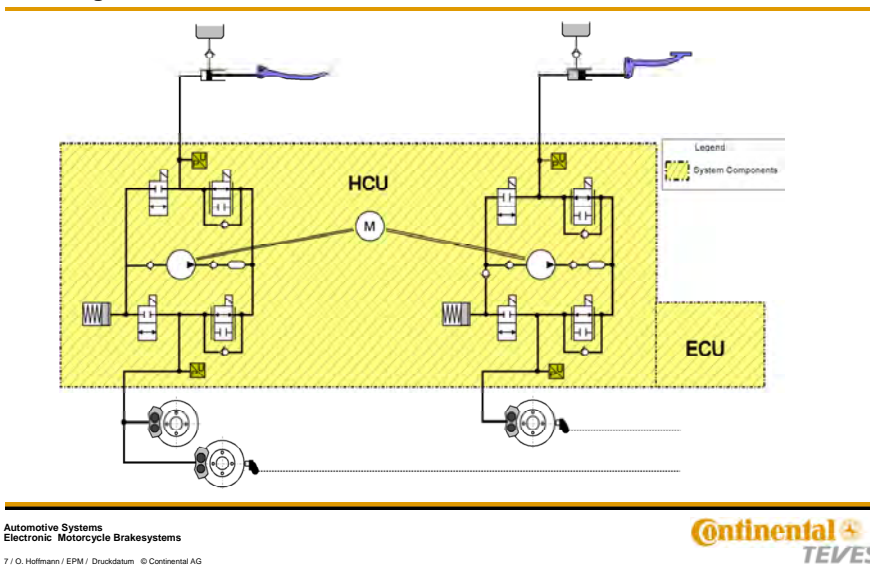


Bild 7

Die Funktionsweise ist ähnlich der der Teilintegralbremsanlage, nur wird in Ergänzung der Fahrerwunsch auch an der Hinterradbetätigung gemessen. Entsprechend des Fahrzustandes und der gewünschten Funktion kann auch auf dem Vorderrad ein Bremsdruck aufgebaut werden.

Über die Möglichkeiten, Zusatzfunktionen mit solchen Anlagen zu realisieren, wird im Folgenden eingegangen.

Übersicht über die wichtigsten Funktionen

Die funktionale Basis einer Motorrad-Integral-Bremse bildet die Anti-Blockier-Funktion des ABS (Bild 1). Ziel dieser Sicherheitsfunktion ist die möglichst große Ausnutzung des Reibwertpotenzials der Paarung Motorradreifen und Straße, um ein Blockieren zu verhindern. Gerade beim Motorrad hat eine länger als einige hundert Millisekunden andauernde Blockade des Vorderrades mit dem Verlust der Stabilisierung und nachfolgendem Sturz fatale Folgen.

Motorrad Integral Bremssystem MIB Funktionsübersicht

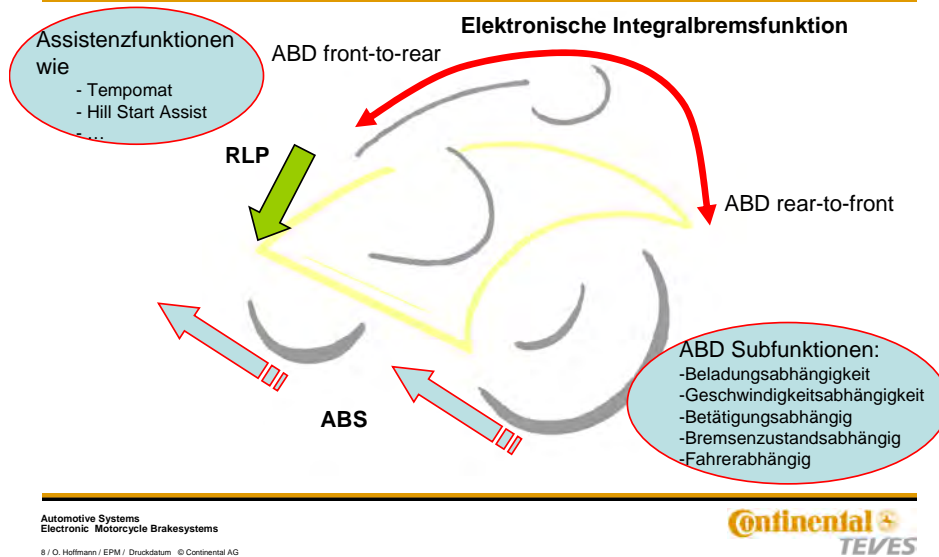


Bild 8

Unverzichtbar für die meisten Motorräder ist die Rear Wheel Lift-Off Protection RLP als funktionale Ergänzung des ABS für die Vertikaldynamik des Motorrades. Hierbei sollte eine stabilisierende Restlast für das Hinterrad bei Vollbremsungen sichergestellt werden, um einen Überschlag zu vermeiden. Kernpunkt des MIB ist die elektronische Integralbremsfunktion mit der Aktiven Bremskraftverteilung/Distribution ABD (Active Brakeforce Distribution) für die Verteilung des erfassten Fahrerbremswunsches auf die Basisbremsen vorne und hinten. Hierbei kann für die partielle Integralbremse jeweils die aktive Bremsdruckgenerierung am Hinterrad aufgrund der Handhebelaktivierung (ABD front-to-rear) oder die Bremsdruckeinstellung am Vorderrad aufgrund der Fußhebelbetätigung (ABD rear-to-front) funktional zum Einsatz kommen. Die Vollintegralbremse vereinigt beide Teilfunktionen. Insgesamt ist die ABD variabel in Abhängigkeit von der Beladung, der Fahrzeuggeschwindigkeit, der Betätigungscharakteristik und der beiden Betätigungselemente.

Es besteht auch weiterhin die Möglichkeit, Einstelloptionen für den Einzelfahrer vorzusehen. Durch die Möglichkeit, Bremsdruck in Interaktion mit dem Motorradfahrer zu verändern beziehungsweise zu generieren, können auch Assistenzfunktionalitäten eingebunden werden. Mit der Tempomatfunktion inklusive Bremseneingriff und einer Anfahrhilfe am Berg seien hier nur einige Funktionen beispielhaft genannt.

Rear Wheel Lift-Off Protection

Bei einer Vollbremsung kommt es zu durchaus großen dynamischen Radlastverschiebungen vom Hinterrad auf das Vorderrad. Abhängig von konstruktiven Gegebenheiten oder der Fahrerposition kann es zu einem Abheben des Hinterrades kommen (Bild 9).

Motorrad Integral Bremssystem MIB Rear wheel Lift-off Protection

ohne RLP



mit RLP



Automotive Systems
Electronic Motorcycle Brakesystems
9 / O. Hoffmann / EPM / Druckdatum © Continental AG

Continental
TEVES

Bild 9

Der Verlust an Radaufstandskraft am Hinterrad bedingt nicht nur eine frühzeitige Blockierneigung, sondern auch ein sehr schwammiges Fahrverhalten des Motorrades im Bremsvorgang. Geübte Fahrer kompensieren dies entweder durch Bremsdruckwegnahme am Vorderrad bis hin zum „Stoppie“.

Bei einer schnell ausgeführten Angstbremsung und damit einer hohen Momentendynamik um die Querachse besteht allerdings die große Gefahr des Überschlags. Dies wird durch RLP verhindert und damit dem Fahrer in einem weiteren Punkt die Angst vor der Vollbremsung genommen.

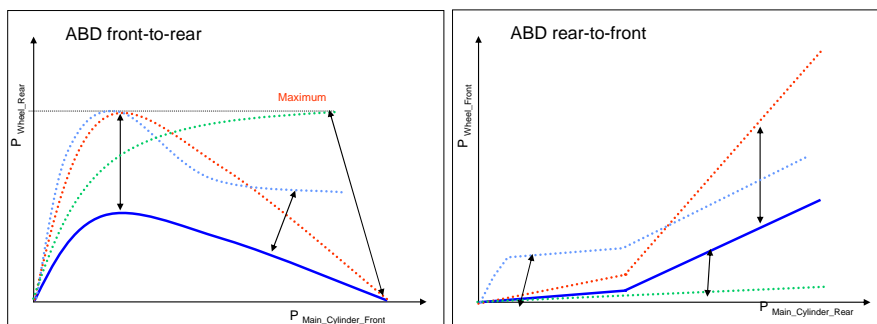
RLP vergleicht die Raddrehzahlssignale und abgeleitete Signale beider Räder während des Bremsvorgangs. Zusätzlich wird noch die Druckinformationen der einzelnen Regelkreise zu einer Lift-Off Tendenz verarbeitet. Der Druckregelalgorithmus des Vorderrades verringert den Bremsdruck unterhalb des ABS derart, dass eine Mindestradaufstandskraft eingehalten und damit der Überschlag bei gleichzeitig optimaler Verzögerung verhindert wird.

Aktive Bremskraftverteilung ABD (Active Brakeforce Distribution)

Die ABD ist für die sinnigerechte Verteilung des Fahrerbremswunsches auf die beiden Räder verantwortlich. Dies geschieht in Interaktion mit dem vom Fahrer über die beiden Bedienelemente direkt hydraulisch eingespeisten Bremsdruck, wobei die einzelnen Verteilungen, vom Handhebel zum Hinterrad und vom Fußhebel zum Vorderrad, per Software umgesetzt werden (Bild 10).

Die Grundkennlinie kann sich an der idealen Bremskraftverteilung orientieren und dann situativ verändert werden. Hierbei kommen Eingangsgrößen wie die Fahrzeuggeschwindigkeit ebenso zum Einsatz wie auch das Fahrerbremsprofil beschreibende Signale. So kann beispielsweise der Einfluss der Hinterradbremse bei sehr kleinen Geschwindigkeiten reduziert werden, um ein optimales Handling zu erreichen.

Motorrad Integral Bremssystem MIB Aktive Bremskraft Distribution ABD



Logikgestützte variable Bremskraftverteilung nach

- Fahrzeuggeschwindigkeit
- Bremsbetätigungsprofil
- Motorrad- und Bremsenzustand (z.B. Beladung, Fading)
- Fahreinstellung

Automotive Systems
Electronic Motorcycle Brakesystems
10 / O. Hoffmann / EPM / Druckdatum © Continental AG

Continental
TEVES

Bild 10

Weitere Einflussmöglichkeiten auf die Bremskraftverteilung sind festgestellte Beladungsänderungen und Bremsenzustandsänderungen wie Fading. Auch hat der Fahrer die Möglichkeit, über vorgegebene Tuningmöglichkeiten zwischen verschiedenen Modi per Schalter „sein“ Motorrad zu konfigurieren.

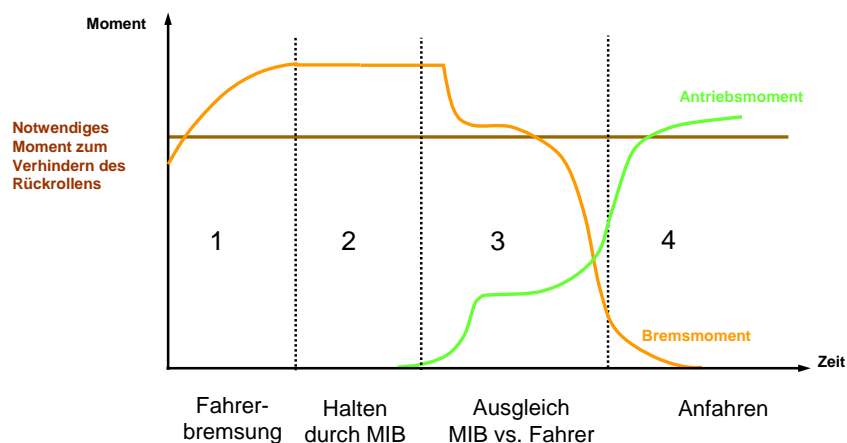
Hill Start Assist HSA

Gerade bei Halte- und Anfahrvorgängen an größeren Steigungen oder im Gelände auf losem Untergrund kommt es zu einer komplexen Bedienanforderung an den Fahrer über die verschiedenen Betätigungselemente. Erschwert wird der Haltevorgang auch noch situativ, wo es steigungsbedingt nicht genügt, über den Handhebel die Vorderradbremse zu blockieren, um ein Wegrollen/-rutschen des Motorrads sicher zu verhindern. Hier muss zusätzlich die Fußbremse zum Einsatz kommen.

Bei MIB besteht nun die Möglichkeit, über die HSA Funktion den Fahrer in der Bedienung des Motorrads stark zu entlasten und ihm beim Halten und Anfahren zu assistieren, so dass er sich auf wichtigere, übergeordnete Aufgaben konzentrieren kann. Bringt der Fahrer nun das Motorrad an einem ansteigenden Berg zum Stehen, wird von der HSA-Funktion der hierzu notwendige Bremsdruck an den Rädern eingefroren (Bild 11). Hierzu reicht die Hydraulikkonfiguration einer Teilintegralbremse, die Vollintegralbremse bietet aber die umfassendsten Möglichkeiten.

Der Fahrer kann nun die Bedienelemente der Bremse loslassen und das Verkehrsgeschehen beobachten, MIB hält das Motorrad am Hang fest. Zum Anfahren genügen der Gas- und Kupplungsgriff. Solange die Motorleistung nicht zum sicheren Beschleunigen ausreicht, verbleibt so viel Restdruck in den Bremsen, dass ein Zurückrollen verhindert wird.

Motorrad Integral Bremssystem MIB Hill Start Assist



Automotive Systems
Electronic Motorcycle Brakesystems
11 / O. Hoffmann / EPM / Druckdatum © Continental AG

Continental
TEVES

Bild 11

Ausblick

Mit dem MIB ist die notwendige Voraussetzung geschaffen worden, um über die Basisfunktionalitäten des ABS und des RLP hinausgehende weitere Sicherheitsfunktionen zu integrieren, beziehungsweise die vorhandene Basis in der Leistungsfähigkeit zu verbessern. Vielfältige Assistenzfunktionen werden in der Zukunft wie beim Automobil den Fahrer zunehmend entlasten und die Fahrsicherheit steigern. Die ersten Beispiele zeigen dies jetzt schon.

Motorrad Integral Bremssystem MIB Ausblick



Automotive Systems
Electronic Motorcycle Brakesystems
12 / O. Hoffmann / EPM / Druckdatum © Continental AG

Continental
TEVES

Bild 12

Weitere sinnvolle, die Fahrdynamik des Motorrades besser beschreibende Sensorik bietet eine Erweiterung des sicheren Einsatzes von Schlupfregelsystemen. Auch hier werden zurzeit mit der Rollwinkelsensorik erste Schritte unternommen, in Kurvensituationen einen weiteren Sicherheitsgewinn durch die Einbeziehung dieser Information in die Regelsysteme zu erzielen.

**Entwicklungstendenzen von Regelsystemen als Beitrag
zur Aktiven Sicherheit aus Sicht von BMW Motorrad**

**BMW's view of future developing trends in Control Systems
to support the Active Safety**

**Les tendances du développement des systèmes de régulation :
une contribution à la sécurité active de BMW Motorrad**

Dipl.-Ing. Hans-Albert Wagner, Dipl.-Ing. Hans-Jürgen Jahreiß,
Dr.-Ing. Jörg Reissing, Dipl.-Ing. Horst Reichl, Dipl.-Ing. Peter Müller
BMW Motorrad, Germany

Kurzfassung

Bei der Entwicklung von Automobilen nehmen heute Fahrwerksregelsysteme einen hohen Stellenwert ein und sind in der Kundenwahrnehmung als Beitrag zur Reduzierung von Unfällen akzeptiert. Durch das steigende Kundenbewusstsein für aktive Sicherheit wird mittlerweile auch beim Motorrad eine Kaufentscheidung immer häufiger von der Verfügbarkeit von Traktionsregelsystemen abhängig gemacht.

Als erster Motorradhersteller der Welt brachte BMW Motorrad schon 1988 ein ABS-System auf den Markt, das durch die stetige Weiterentwicklung heute in der dritten Generation als Integral-ABS mit adaptiver Bremskraftverteilung verfügbar ist. Der Beitrag zur Aktiven Sicherheit eines ABS-Systems ist unumstritten. Über 500.000 Kunden haben sich seit 1988 für ein BMW Motorrad mit ABS entschieden.

Neben der Blockiervermeidung des Rades beim Bremsen kommt vor allem der Traktionskontrolle beim Beschleunigen leistungsstarker Motorräder immer größere Bedeutung zu. Besonders bei plötzlich wechselnden Reibwerten der Fahrbahn kann ein Eingriff durch ein Regelsystem während der Beschleunigungsphase deutlich zur Fahrzeugstabilisierung beitragen.

In der vorgesehenen Veröffentlichung sollen dazu neue Entwicklungstendenzen zu Brems-Regelsystemen bei BMW Motorrad vorgestellt werden. Basierend auf motorradspezifischen Anforderungen an ein Brems-Regelsystem sollen weiterhin fahrzeugspezifische Auslegungen beschrieben und diskutiert werden.

Darüber hinaus sollen die Anforderungen an Traktionsregelsysteme für ein Motorrad gezeigt sowie die Forschungsergebnisse, Chancen und Potenziale dargestellt und diskutiert werden.

Abstract

Nowadays chassis control systems are extremely important in automobile development, and are accepted by customers as playing a role in reducing accidents. Thanks to increasing awareness of active safety among customers, the availability of traction control systems is now often a deciding factor in the purchase of motorcycles.

As the world's first manufacturer of motorcycles, BMW Motorrad brought an ABS system onto the market as early as 1988. Through constant development, this has now reached its third generation and is available as Integral-ABS with adaptive braking force distribution. The contribution made by an ABS system to active safety is indisputable. Since 1988, over 500,000 customers have chosen a BMW motorcycle with ABS.

Alongside antilock braking, traction control for safe acceleration with powerful engines is becoming ever more important. Particularly if there is a sudden change of skid number, intervention by a control system during acceleration can definitely contribute to vehicle stabilisation.

New development trends in brake control systems at BMW Motorrad are also to be introduced at the planned presentation. Based on the requirements specific to motorcycles, as far as braking control systems are concerned, vehicle-specific designs will be described and discussed.

Moreover, requirements for motorcycle traction control systems will be demonstrated, and there will also be a presentation and discussion of research findings, prospects and capabilities.

Résumé

Avec la croissance du secteur automobile, les systèmes de régulation du châssis prennent aujourd'hui une importance capitale et sont perçus par la clientèle comme une contribution à la réduction du nombre d'accidents. En raison de l'intérêt grandissant des clients pour la sécurité active, la décision d'achat, entre temps aussi d'une moto, est de plus en plus souvent liée à la présence d'un système de régulation.

En 1988 déjà, BMW Motorrad, fort de son statut de premier fabricant mondial de motos, lançait sur le marché un système ABS qui ne cessa de se développer depuis. Aujourd'hui, la troisième génération de ce système, le système Integral-ABS, est disponible avec une répartition adaptative de la force de freinage. La contribution d'un système ABS à la sécurité active est incontestée. Depuis 1988, plus de 500 000 clients ont choisi une moto BMW avec ABS.

Le contrôle de la traction évite non seulement le blocage des roues lors du freinage, mais est surtout de plus en plus important lors de l'accélération des motos très performantes. C'est particulièrement vrai en cas de changement brutal du coefficient de frottement de la chaussée : l'intervention du système de régulation peut contribuer de manière considérable à la stabilisation du véhicule durant la phase d'accélération.

Les nouvelles tendances du développement des systèmes de régulation et de freinage chez BMW Motorrad doivent d'ailleurs figurer dans la publication prévue. Il faut continuer de s'intéresser aux conceptions spécifiques des véhicules, en se fondant sur les besoins particuliers des motos concernant les systèmes de régulation et de freinage.

De plus, il est important de souligner les exigences des motos en matière de systèmes de traction et de régulation et de présenter puis de débattre des recherches, de leurs chances de réussite et de leur potentiel.

**Entwicklungstendenzen von Regelsystemen als Beitrag
zur Aktiven Sicherheit aus Sicht von BMW Motorrad**

1. Einleitung

Mit jedem Entwicklungsschritt in der oberen Motorradklasse wird angestrebt, sowohl die Fahrleistung als auch die Fahrdynamik weiter zu steigern bzw. zu verbessern [1]. Auch wenn das Handling unter normalen Bedingungen leicht und einfach erscheint, kommt unter widrigen Straßenbedingungen oder Stresssituationen die komplexe Fahrphysik des Einspurfahrzeugs wieder zum Tragen. Das Motorrad mit einem blockierenden oder durchdrehenden Rad auf einer gewünschten Bahn zu halten, erfordert sehr viel Fahrgeschick. Beispielsweise stellt sich bei einer Notbremsung nicht die Frage der Leistungsfähigkeit der Bremsanlage, sondern die Frage, in wie weit der Fahrer in der Lage ist, die technischen Möglichkeiten seines Fahrzeuges sicher und optimal zu nutzen [3], [4].

Um den Fahrer vor einem Sturz mit blockierenden Rädern zu bewahren, brachte BMW Motorrad bereits 1988 als erster Motorradhersteller ein ABS auf den Markt. Im Jahre 2001 folgte das Integral-ABS, das als erstes Integralbremssystem den Beladungszustand innerhalb einer ABS-Regelung erkennen und auf die Bremskraftverteilung der Integralbremse adaptieren konnte. Die Integralbremse bringt einen weiteren Beitrag zur Bremsstabilität, bevor es zu einer ABS-Regelung kommt. Dies ist ein entscheidender Vorteil und eine Steigerung der Sicherheitsreserven bei Bremsungen in Kurven oder bei Rollsplitt. Außerdem lässt sich ein Motorrad mit Integralbremse problemlos mit dem Handbremshebel (beide Füße können am Boden bleiben) selbst an extremen Steigungen halten.

Mit der neuen Integral-ABS-Generation, die auf einem Ventilsystem basiert, wurden Bremsweg, Gewicht und Bauraum unter Berücksichtigung motorradspezifischer Kriterien weiter optimiert. Beim Beschleunigen mit den immer leistungsstärkeren Verbrennungsmotoren auf häufig wechselnden Asphaltoberflächen im öffentlichen Straßenverkehr können ähnliche kritische Situationen erzeugt werden wie beim Bremsen. BMW Motorrad stellt dazu erstmals eine Antriebsschlupfregelung (ASC - Automatic Stability Control) als Assistenzsystem für Motorräder vor, die beim Erkennen von instabilen Zuständen am Hinterrad die Motorleistung reduziert. Innerhalb seiner physikalischen Grenzen arbeitet das System auch bei Kurvenfahrt und mindert für den Fahrer das Sturzrisiko beim Beschleunigen auf weniger griffigen Fahrbahnen.

2. Grundlagen der Fahrphysik des Einspurfahrzeuges

Das Motorrad stellt beim Bremsen bezüglich seiner Randbedingungen ein sehr komplexes System dar. Die Fahrphysik ist durch seine relativ hohe Schwerpunktlage im Verhältnis zum Radstand geprägt. Hinzu kommt, dass sich die Stabilitätskriterien deutlich von denen eines Autos unterscheiden und die Auswirkungen gravierender für den Fahrer sind. Das Fahrzeug kann beispielsweise zum Überschlagen

neigen oder der Fahrer kann wegen eines blockierenden Vorderrades zu Sturz kommen. Diese physikalischen Zusammenhänge sind in [2] und [5] detailliert beschrieben. Deswegen soll an dieser Stelle ausschließlich auf die physikalischen Grundlagen der Reifen eingegangen werden, denen als Kraft übertragende Komponente sowohl beim Bremsen als auch beim Beschleunigen eine entscheidende Bedeutung zukommt.

Das erste Axiom des Reifens beschreibt, dass ohne Relativbewegung des Reifens zur Fahrbahnoberfläche, auch Schlupf genannt, keine Kräfte übertragen werden können. Die Formeln für die Berechnung des Radschlupfes unterscheiden sich geringfügig.

$$S_B = \frac{V_{Fzg} - V_{Rad}}{V_{Fzg}} \times 100 \quad [\%] \quad \text{Bremschlupf}$$

$$S_A = \frac{V_{Rad} - V_{Fzg}}{V_{Rad}} \times 100 \quad [\%] \quad \text{Antriebsschlupf}$$

Der Kraftschlussbeiwert μ ist definiert als:

$$\mu = \frac{\text{Umfangskraft}}{\text{Aufstandskraft}} \quad \text{Kraftschlussbeiwert}$$

Auf den meisten gebräuchlichen festen Fahrbahnen haben Motorradreifen analog zu Pkw-Reifen eine nahezu gleiche Charakteristik. Betrachtet man diese bezogen auf den Längsschlupf, kann das Verhalten folgendermaßen beschrieben werden. Mit zunehmendem Schlupf steigt auf festem Untergrund die übertragene Umfangskraft an, bis bei ca. 10 bis 15% Schlupf der Maximalwert erreicht wird. Dann nimmt die Umfangskraft mit zunehmendem Schlupf kontinuierlich ab, bis das Rad bei 100% Schlupf blockiert bzw. durchdreht. Die übertragbare Seitenkraft verringert sich mit zunehmendem Schlupf erst langsam, beim Überschreiten der maximalen Bremskraft jedoch sehr schnell, so dass bei 100% Umfangsschlupf weniger als 10% der maximal übertragbaren Seitenführungskraft übrig bleiben. Dieses Verhalten ist in Bild 2.1 graphisch dargestellt. Die durchgezogenen Linien stellen dabei das Verhalten der Umfangskräfte dar, die gestrichelten Linien entsprechen den dazugehörigen Seitenkräften.

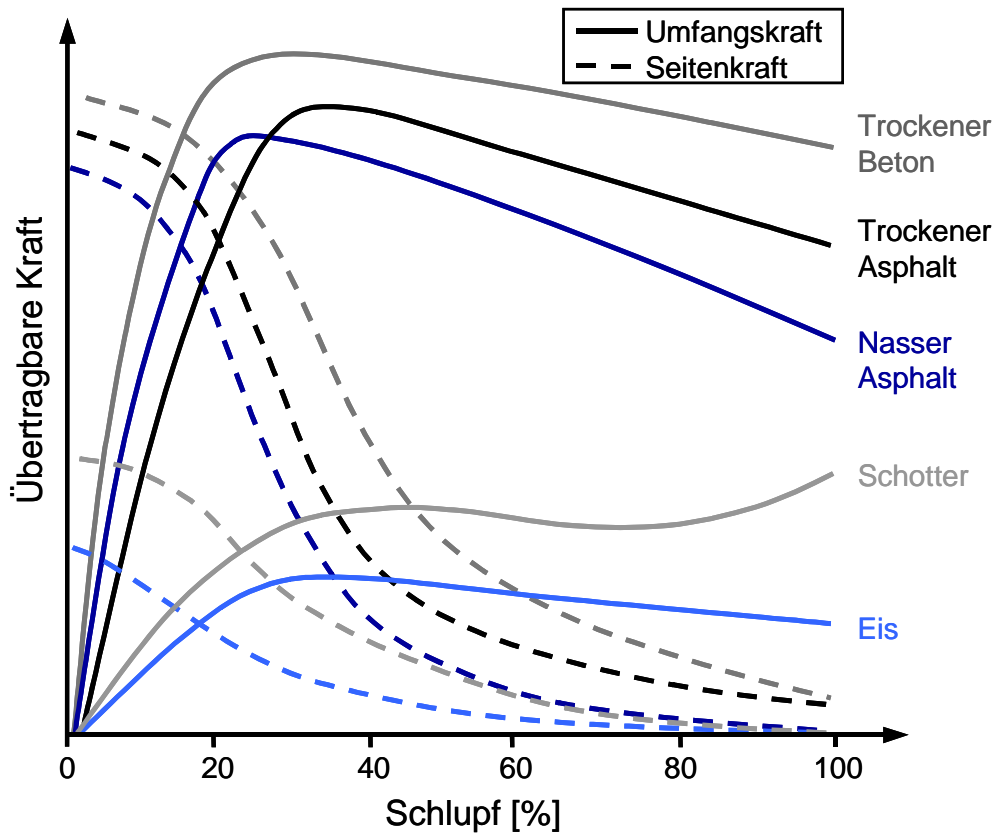


Bild 2.1: Kraftschlussbeiwert eines Reifens bei Geradeausfahrt

Abweichend von dieser beschriebenen Charakteristik verhält sich der Schlupf auf losem Untergrund wie zum Beispiel tiefem Sand, Geröll oder losem Schnee. Hier steigt die übertragbare Bremskraft bis ca. 20 - 30% Bremsschlupf an, durchläuft ein Plateau, bis sie dann bei 100% ihr Maximum erreicht. Die Seitenkräfte verhalten sich analog zu den festen Fahrbahnen. Der Anstieg der übertragbaren Umfangskraft bei 100% Schlupf wird durch die Keilwirkung des Fahrbahnmaterials erzeugt, das vor dem stehenden Reifen hergeschoben bzw. hinter dem durchdrehenden Reifen aufgeworfen wird.

3. Systembeschreibung Integral-ABS

3.1 Motivation und Entwicklungsziele

Die Technik des neuen Integral-ABS wurde losgelöst vom Vorgänger entwickelt. Das Systemlayout wurde grundsätzlich neu konzipiert. Durch die Weiterentwicklung von ABS-Ventilsystemen im Automotive-Bereich konnte erstmals ein Ventilsystem mit Integralfunktion für den Einsatz im Motorrad dargestellt werden. Fortschritte in der Hydraulik, bei den Regelventilen sowie in der Elektronik ermöglichen heute mit Ventilsystemen eine ähnlich komfortable und rückwirkungsarme Regelung, wie sie für Plungersysteme oder Staudruck-Verfahren typisch ist. Die kompakte mechatronische Einheit von Ventilsystemen ermöglicht eine Vereinfachung der Systemarchitektur. Zudem sollte dadurch der elektrische Strombedarf und die Energieaufnahme deutlich verringert werden. Das aus dem DSC abgeleitete Integral-ABS ermöglicht darüber hinaus Schnittstellen zu weiteren Fahrdynamik-Regelsystemen.

Neben einer weiteren Verkürzung des Bremsweges sollte durch besseres Regelverhalten bei einer ABS-Regelung eine erhöhte Bremsstabilität erreicht werden. Optimale Bremskraftverteilung auf Vorder- und Hinterrad sowie eine Berücksichtigung des Beladungszustandes, welche sich beim Vorgängersystem bewährt hatte, sollten beibehalten werden. Durch den Entfall der Bremskraftunterstützung sollte weiterhin die Dosierbarkeit und das direktere Bremsgefühl verbessert werden. Eine Eingewöhnung beim Umstieg von Motorrädern ohne ABS ist nicht mehr erforderlich. Daneben sollte das Gewicht reduziert werden. Das neue Integral-ABS wird in den aktuellen Modellen der R-Baureihe (R 1200 R, R 1200 GS, R 1200 GS Adventure, R 1200 RT) und der K-Baureihe (K 1200 S, K 1200 R, K 1200 GT) eingeführt.

3.2 Systemübersicht

Fahrzeugintegration

Bild 3.1 zeigt die Komponenten des Integral-ABS am Beispiel der R 1200 R. Hervorgehoben sind dabei die Komponenten des Systems wie Bedieneinrichtung, Bremssättel und -scheiben, Bremsleitungen, Sensorringe und Raddrehzahlsensoren, elektrische Leitungen und Druckmodulator. Das Integral-ABS ist wie schon das Vorgängersystem im CAN-Verbund des Fahrzeugs integriert.

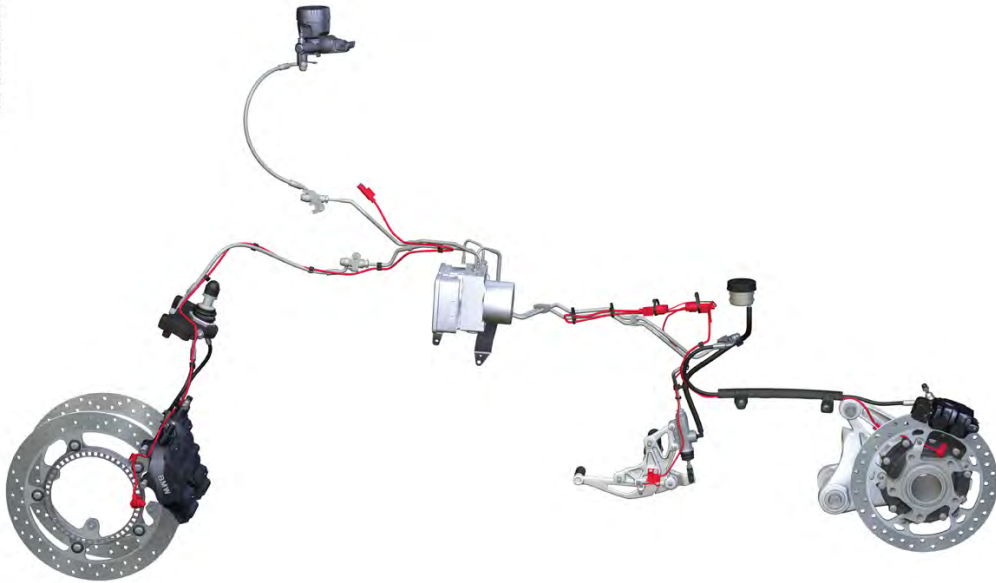


Bild 3.1: Komponenten des Integral-ABS am Beispiel der R 1200 R

Druckmodulator

Sämtliche Funktionselemente des Integral-ABS sind im Druckmodulator untergebracht, im kompakten Ventilblock die Regelventile, Drucksensoren und Hydraulikpumpen. Am Gehäuse angeflanscht sind der Elektromotor für den Antrieb der Pumpe sowie die elektronische Steuereinheit mit den elektrischen Anschlüssen. Der Druckmodulator ist damit das Herzstück des Bremssystems. Die gesamte Funktionseinheit wiegt 2,3 kg und ist damit um rund 50% leichter als das Vorgängersystem. Bild 3.2 zeigt Schnitte durch den Druckmodulator.

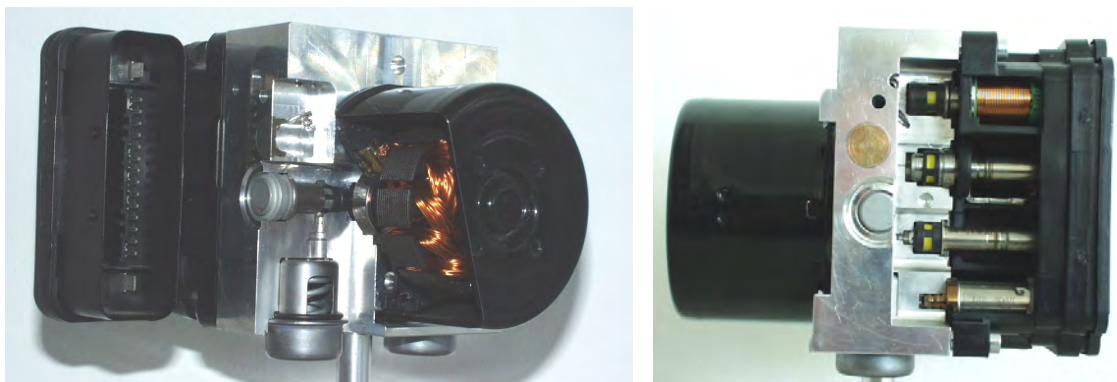


Bild 3.2: Schnittbilder des Druckmodulators

Hydraulikschaltplan

Die Bremskreise für Vorder- und Hinterrad sind beim Integral-ABS vollständig getrennt ausgeführt und haben keine hydraulische Koppelung. Das erwünschte, transparente Bremsgefühl mit einem klar definierten Druckpunkt besonders für die Vorderradbremse ist unter allen Bedingungen gewährleistet. Bild 3.3 zeigt dazu den Hydraulikschaltplan des Integral-ABS.

Der vom Fahrer über den Bremshebel und Hauptbremszylinder manuell erzeugte Bremsdruck wird über das geöffnete Einlassventil unmittelbar auf die Radbremse übertragen. Das Auslassventil ist dabei geschlossen. Die Hinterradbremse kann ebenfalls in üblicher Weise durch Druck auf den Fußbremshebel bedient werden. Bei alleiniger Betätigung des Fußbremshebels erzeugt die Fußbremsarmatur rein mechanisch-hydraulisch den vom Fahrer gewünschten Druck, der ausschließlich auf die Hinterradbremse wirkt.

Wird von der Raddrehzahlsensorik und der Elektronik eine Blockierneigung eines Rades erkannt, wird das Einlassventil geschlossen und ein parallel in den Radbremskreis geschaltetes Auslassventil kurzzeitig geöffnet. Der Bremsdruck wird im Niederdruckspeicher abgebaut. Gleichzeitig wird die zwei-stufige Kolbenpumpe angesteuert, die die Bremsflüssigkeit zurück in den Ausgleichsbehälter fördert und somit für einen Volumenausgleich im System sorgt. Die Einlassventile sind als Analogventile ausgeführt. Diese Bauart ermöglicht eine kontinuierliche Steuerung des Volumenstroms, was einen erheblichen Gewinn an Regelungsgüte bedeutet. Drei Drucksensoren im System erfassen kontinuierlich die Drücke. Die Kenntnis der Systemdrücke in Verbindung mit einer Auswertung vorangegangener Zyklen erlaubt bei der Regelung eine gezielte Ansteuerung des Bremsdruckes auf den jeweils notwendigen Wert. Dieses reduziert die Zahl und Intensität der Regeleingriffe während einer ABS-Bremsung. Nach den ersten Regelzyklen ist, solange keine Reibwertsprünge auftreten, nur eine Fein-anpassung des Bremsdruckes notwendig. Das Resultat ist eine komfortable Bremsung mit optimaler Verzögerung, ideal nahe an der jeweiligen Haftgrenze. Durch die vergleichsweise kleine Modulation des Bremsdruckes bleiben die Radlastschwankungen und damit die Fahrzeugbewegungen gering. Dieses erhöht die Fahrstabilität und verbessert das Sicherheitsgefühl für den Fahrer.

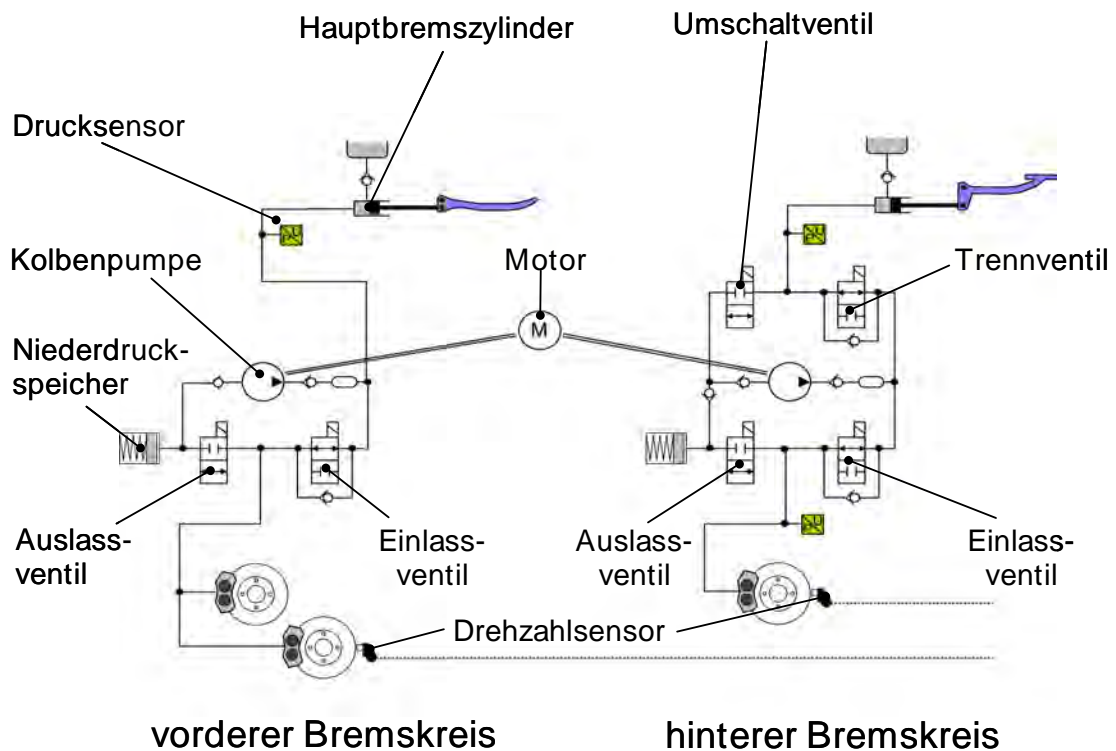


Bild 3.3: Hydraulikschaltplan Integral-ABS

Die Hauptbremszylinder wurden mit Zentralventilen ausgestattet, so wie sie im Automobilbereich seit Jahren Standard sind. Dies hat den Vorteil, dass kein Verschleiß der Dichtmanschetten bei ABS-Regelungen auftritt. Die Drucksensoren dienen neben der Erfassung des Bremsdrucks zur Ansteuerung des Bremslichtes. Die bisher verwendeten Bremslichtschalter können somit entfallen.

Abschaltbares ABS für den Offroad-Einsatz

Für einen Offroad-Einsatz ist mit dem neuen Integral-ABS die ABS-Funktion abschaltbar. Diese Option wird für die R 1200 GS angeboten. Auch bei abgeschaltetem ABS bleibt die Integralfunktion erhalten, was im Gelände oft sehr hilfreich sein kann. Um das Motorrad zum Beispiel an Steigungen auf losem Untergrund festzuhalten, genügt mit dem Integral-ABS ein einfaches Ziehen am Handbremshebel. Die durch die Integralfunktion eingeleitete Hinterradbremung hält das Motorrad sicher fest und verhindert das Wegrutschen nach hinten. In gleicher Weise wird das Anfahren aus dieser Situation erleichtert, da der Fuß nicht mehr zum Bremsen benötigt wird und sich der Fahrer gegebenenfalls mit beiden Beinen am Boden abstützen kann.

3.3 Integralbremsfunktion

Die mit dem Integral-ABS im Jahre 2001 eingeführte Integralbremsfunktion wurde in der zweiten Generation weitergeführt. Um die optimale Verzögerung, also die ideale Verteilung der Bremskräfte auf das Vorder- und Hinterrad zu erreichen entschloss sich BMW Motorrad, die Weiterentwicklung des ABS-Systems in der Teilintegralvariante auszuführen. Hierbei verfolgt BMW eine konsequente Perfektionierung des ABS-Systems unter Berücksichtigung der sportlicheren Ausrichtung des gesamten Produktportfolios von BMW Motorrad.

Für die Integralfunktion wird der Bremsdruck für die Hinterradbremse beim Ziehen des Handbremshebels aktiv über eine elektrohydraulische Hochdruckpumpe erzeugt. Diese Pumpe schaltet sich bei jeder Betätigung der Vorderradbremse ein. Angesteuert wird sie über die Drucksensoren im Vorderrad-Bremskreis. Passend zum Vorderrad-Bremsdruck wird nach der im Steuergerät abgelegten Bremskraftverteilung automatisch der zugeordnete Druck für die Hinterradbremse aufgebaut und somit das Hinterrad bei jeder Bremsung des Vorderrads mit idealer Verzögerung abgebremst (Teil-Integralfunktion).

Der Fahrer hat in der Integralfunktion die Möglichkeit, über den Fußbremshebel stärker mit dem Hinterrad zu bremsen, als es das Integralsystem vorgibt. Die Grenze bildet die Blockierneigung des Hinterrades, bei der die ABS-Regelung eingreift. Ist der vom Fahrer aufgebrachte Bremsdruck schwächer als der über die Integralfunktion, bleibt die Fahrerbetätigung ohne Einfluss und das Hinterrad wird gemäß der Vorgabe der Integralfunktion abgebremst.

Insgesamt erlaubt die elektrohydraulische Bremsdruckerzeugung für die Integralfunktion unter allen Bedingungen eine perfekte Anpassung des Hinterrad-Bremsdrucks in Abhängigkeit zur Vorderradverzögerung (Idealverteilung), Beladung und Reibwert. Der gleichzeitige Vorrang des Fahrerwunsches ist nur durch diese Art der Druckerzeugung integrierbar. Bei einer Störung der Hydraulikpumpe wirkt allein der parallele Hydraulikkreis des Fußbremshebels; die Hinterradbremse funktioniert wie eine konventionelle hydraulische Bremse.

Der Vorteil der Teilintegralbremse mit ihrer selbsttätigen, optimalen Bremskraftverteilung auf beide Räder soll an dieser Stelle noch einmal hervorgehoben werden. Bei „Normalbremsungen“ unterhalb der maximalen Bremsverzögerungen, also bei der im Alltag am häufigsten vorkommenden Situation, kann das Hinterrad eine erhebliche Bremsleistung übertragen. Da die Seitenführungskraft am Reifen mit zunehmender Bremskraft abnimmt, erhöht die optimale Verteilung der Bremskraft auf beide Räder die Sicherheitsreserven und die Querstabilität. Dieser Vorteil kommt besonders bei den meist aufgezungenen Bremsmanövern in Kurven zum Tragen, bei der die Verkehrssituation die notwendige

Verzögerung bestimmt. Bremst der Fahrer hier nur mit einer Bremse, muss dieses Rad (in der Regel das Vorderrad) die gesamte Bremskraft übertragen. Entsprechend wenig Seitenführung kann der Reifen aufbauen. Das Integralsystem verteilt die Bremskraft in idealer Weise auf beide Räder, so dass höhere Seitenführungskräfte an den Rädern zur Verfügung stehen. Innerhalb der physikalischen Grenzen ist somit maximale Stabilität beim Bremsen gewährleistet. Der weitere Vorteil der Integralfunktion beim Halten des Fahrzeugs an einer Steigung wurde schon oben beschrieben.

3.4 Ideale Bremskraftverteilung

Das Vorderrad wird aufgrund der Verzögerung stärker belastet, kann also auch mehr Bremskraft übertragen. Im Gegensatz dazu wird das Hinterrad entlastet, kann somit weniger Bremskraft übertragen und neigt demnach schneller zum Blockieren. Die alleinige Betätigung der Hinterradbremse hat dann eine vergleichsweise geringe Bremswirkung und eine frühe Blockierneigung zur Folge. Das Integralbremssystem stellt hier die optimale Verteilung der Bremskräfte an Vorderrad und Hinterrad sicher.

Die ideale Bremskraftverteilung zwischen Vorder- und Hinterrad ändert sich mit der Beladung. Dieses kann die Integralbremse durch Adaption berücksichtigen. Die Druckmessung im System erlaubt über einen Vergleich der Blockierdrücke in den Radkreisen einen Rückschluss auf den Beladungszustand des Motorrades und passt während einer Bremsung im Regelbereich die Bremskraftverteilung entsprechend an. Exemplarisch ist in Bild 3.4 eine umgesetzte Bremskraftverteilung für das unbeladene und das voll beladene Fahrzeug am Beispiel der K 1200 GT dargestellt. Die Verläufe sind dabei auf die Bremskraftverteilung des unbeladenen Fahrzeuges normiert. Es ist zu erkennen, dass gegenüber dem unbeladenen Fahrzeug deutlich mehr Bremskraft am Hinterrad bei beladenem Fahrzeug übertragen werden kann.

Positiver Nebeneffekt ist, dass eine gleichmäßigere Belastung der vorderen und hinteren Bremse erreicht wird und beide Reifen maximal mögliche Seitenführung behalten.

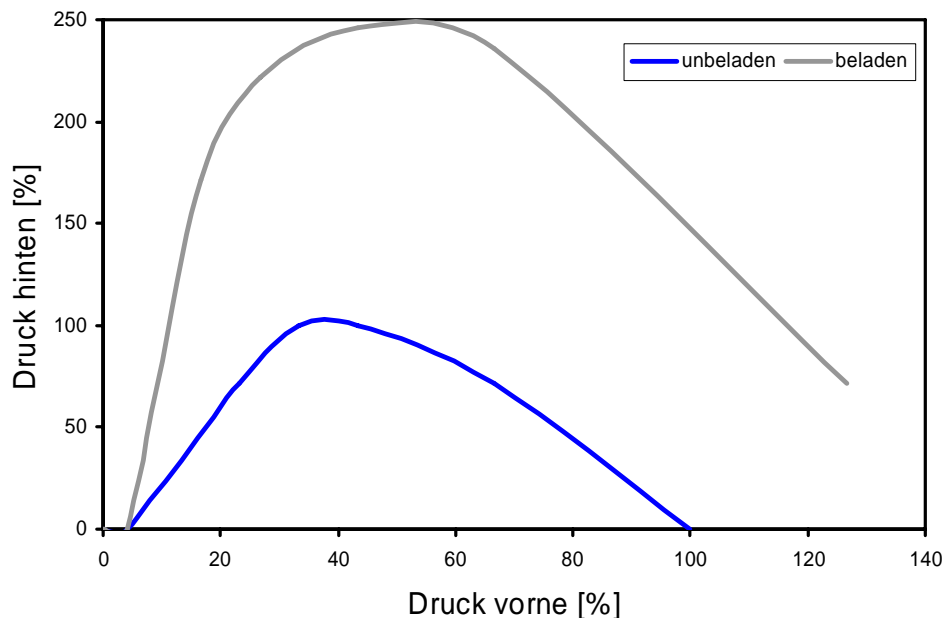


Bild 3.4: Bremskraftverteilung für ein unbeladenes und voll beladenes Fahrzeug am Beispiel der K 1200 GT

3.5 Abheberegelung

Das Abheben des Hinterrades ist bei hohen Reibwerten, einer entsprechenden Fahrbahn-Reifen-Kombination und starker Verzögerung bei einem Motorrad grundsätzlich möglich. Das neue Integral-ABS ist in seiner Funktionalität so aufgebaut, dass es ein Abheben des Hinterrades mit sehr großer Sicherheit erkennen kann und entsprechend ausregelt. Durch die Güte der Regelung wird ein Verlust von Bremsweg so gering wie möglich gehalten.

Neben der Erhöhung der Seitenkraftreserven bietet die Teilintegralfunktion auch eine bessere Erkennung eines abhebenden Hinterrades bei der Vollbremsung. Während herkömmliche Zweikanal-ABS-Bremssysteme als einzige Möglichkeit die Auswertung der Raddrehzahlsignale haben, stellt das BMW Integralsystem mehr Informationen zur Verfügung. Es stehen sowohl die Drucksignale in beiden Bremskreisen als auch die Raddrehzahlen beider Räder zur Verfügung, woraus Rückschlüsse auf die Verzögerung möglich sind und sich die Tendenz zum Abheben des Hinterrades sicherer erkennen lässt. Die frühzeitige und wirkungsvolle Gegensteuerung durch eine gezielte Rücknahme des Bremsdrucks für das Vorderrad erhöht die Fahrstabilität und gewährleistet maximale Verzögerung. Vorteilhaft ist, dass der Fahrzustand aktiv erkannt wird und damit beispielsweise auch der Beladungszustand berücksichtigt wird.

3.6 Diagnosefähigkeit

Das neue Integral-ABS ist in vollem Umfang diagnosefähig. Sämtliche Funktionen und Sensoren werden von der Elektronik im Betrieb permanent überwacht. Die Dauer der Initialisierungsphase nach dem Einschalten der Zündung konnte gegenüber dem Vorgängersystem merklich verkürzt werden. Eventuelle Fehlfunktionen werden in einem nichtflüchtigen Speicher abgelegt und können in der Werkstatt ausgelesen werden. Bei Störungen an elektrischen oder elektronischen Komponenten werden die Regelventile mechanisch über Federn in ihre Grundstellung gebracht. Damit besteht immer eine unmittelbare hydraulische Verbindung zwischen den Bremsarmaturen und den Bremssätteln wie bei einer konventionellen Bremse ohne ABS. Die Bremse funktioniert in diesem Falle hinsichtlich Bremsleistung und Dosierbarkeit wie üblich. Lediglich die ABS-Regelung und gegebenenfalls die Integralfunktion stehen nicht mehr zur Verfügung.

4. Systembeschreibung Automatic Stability Control (ASC)

Als optimale Ergänzung zum Integral-ABS und als weiterer Beitrag zur Erhöhung der Sicherheit bietet BMW Motorrad ab Januar 2007 in Verbindung mit dem neuen Integral-ABS eine Antriebs-Schlupf-Regelung (Automatic Stability Control – ASC) für Motorräder an.

Das ASC unterstützt den BMW-Fahrer beim Beschleunigen, speziell auf Straßen mit wechselnden und reduzierten Reibwerten. Das ASC begrenzt abhängig von der Straßenbeschaffenheit innerhalb physikalischer Grenzen das übertragene Antriebsmoment des Motors, so dass ein unkontrolliertes Durchdrehen des Hinterrads weitgehend verhindert wird. Allerdings ist auch mit ASC eine bedachte Fahrweise notwendig – vor allem eine den Verhältnissen angepasste Beschleunigung in Schräglage. Das ASC ist ausgelegt für den Betrieb auf öffentlichen Straßen. Es ist nicht konzipiert, maximal mögliche Beschleunigungen zu erzielen oder aus sehr großer Schräglage maximal zu beschleunigen. An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass ein Assistenzsystem den Fahrer unterstützen soll und nicht in der Lage ist, die physikalischen Grenzen eines Einspurfahrzeuges zu erweitern.

4.1 Systemübersicht

Die gesamte Regelelektronik des ASC ist im Motorsteuergerät integriert. Die für eine präzise ASC-Regelung wichtigsten Größen der aktuellen Radgeschwindigkeiten vorne und hinten werden vom ABS-Steuergerät direkt an die Motorsteuerung übertragen. Bild 4.1 zeigt die erforderlichen Komponenten des ASC-Systems wie Raddrehzahlsensorik, Schaltereinheit, Instrumentenkombi, Druckmodu-

lator, Motorsteuerung, Einspritzventil, Zündspule sowie die elektrischen Leitungen am Beispiel der R 1200 R.

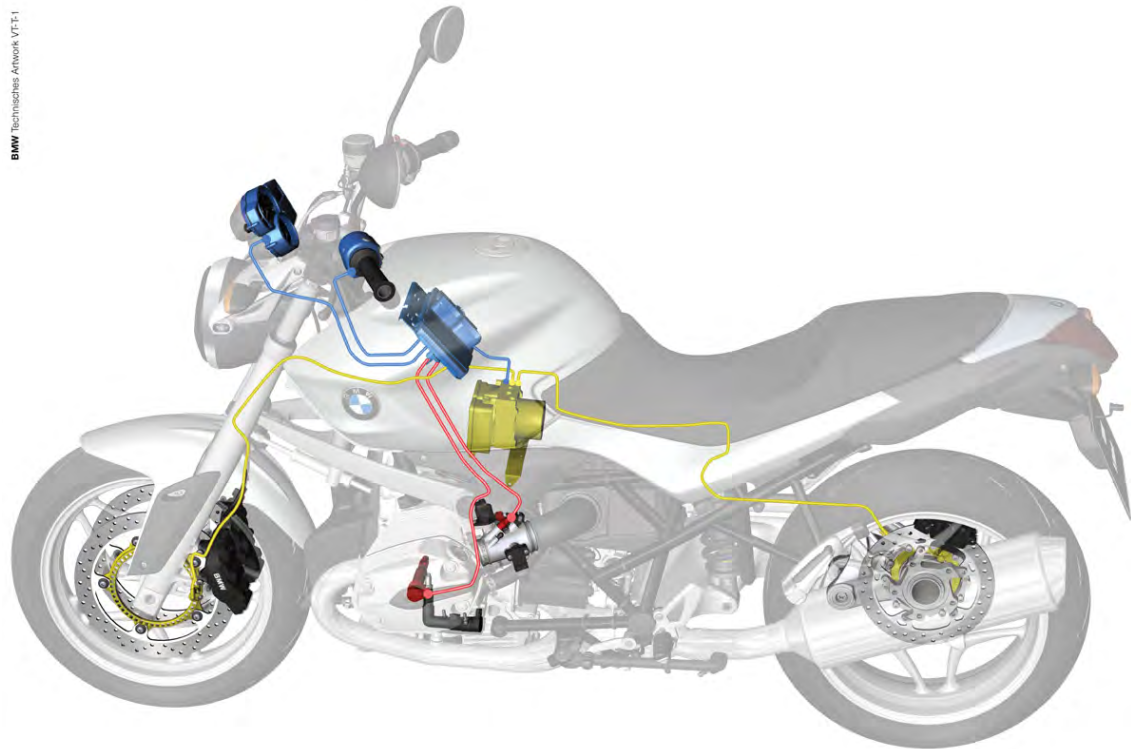


Bild 4.1: Systemübersicht ASC am Beispiel der R 1200 R

Das ASC erhält die Signale der ABS-Radsensoren und wertet diese aus. Daraus wird über die Drehzahldifferenz von Vorder- und Hinterrad der aktuelle Antriebsschlupf ermittelt. Damit die Fahrstabilität verbessert werden kann, wird der Schlupf auf ein vertretbares Maß begrenzt. Dies geschieht, indem im Motormanagement die Zündung auf spätere Zündzeitpunkte verstellt wird oder bei noch höherem Regelbedarf einzelne Einspritzvorgänge unterdrückt werden. Die Regelung wird mittels einer schnell blinkenden ASC-Lampe angezeigt.

Ist ein Eingreifen der Elektronik nicht gewünscht, kann das System durch einfachen Knopfdruck auch während der Fahrt abgeschaltet werden. Des Weiteren verfügt das System, wie alle elektronischen BMW Motorrad Systeme, über eine Eigendiagnose. Der Fahrer wird also sofort informiert, falls das ASC nicht zur Verfügung stehen sollte. Zur Eigendiagnose vergleicht das ASC diese Signale mit den über den CAN-Bus gesendeten Raddrehzahlen und meldet eine Störung, falls diese nicht übereinstimmen.

Das ASC steuert über den CAN-Bus die ASC-Kontrollleuchte im Instrumentenkombi. Der ASC-Taster im Kombischalter ist ebenfalls über den Kabelbaum direkt an der Motorsteuerung angeschlossen. In der ASC Software der Motorsteuerung sind die fahrzeugspezifischen Daten abgelegt und werden für alle Regelvorgänge als Berechnungsgrundlage herangezogen. Bild 4.2 zeigt die Vernetzung der für das ASC relevanten Steuergeräte, Schalter, Aktuatoren und Sensoren.

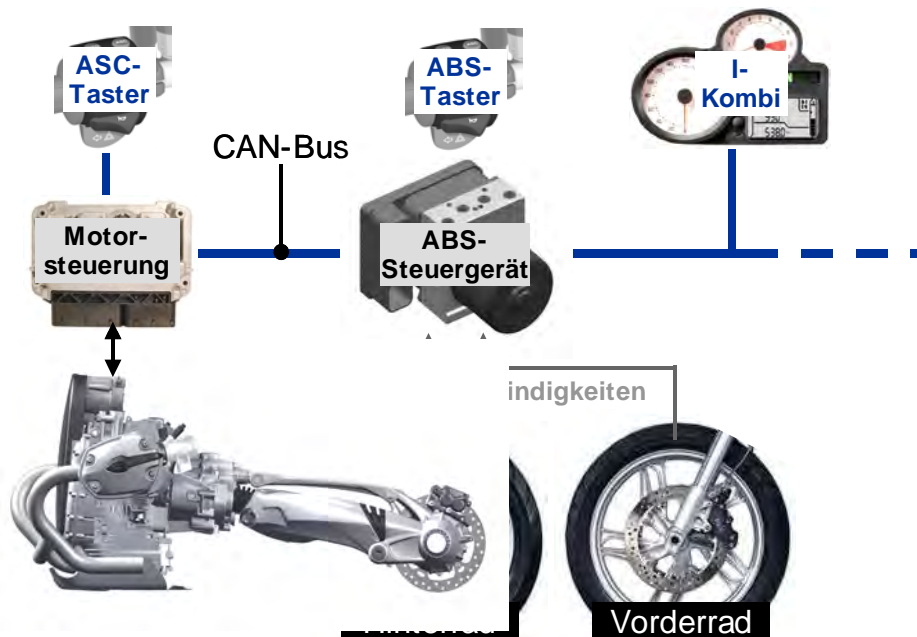


Bild 4.2: Vernetzung der Steuergeräte

Für den Geländeeinsatz mit der R 1200 GS und R 1200 GS Adventure ist zusätzlich eine eigene Geländeabstimmung entwickelt worden. Diese Abstimmung ist der besonderen Schlupfcharakteristik von losem Untergrund wie Sand und Geröll angepasst. Mit dem ASC-Taster kann zwischen Straßen- und Geländesetup gewechselt werden. Für den Straßenbetrieb ist das Geländesetup allerdings ungeeignet.

Adaption des Reifenradius

Die Radgeschwindigkeiten werden aus den Radsensorimpulsen und einem reifenspezifischen Abrollradius berechnet. Die Reifenradien unterscheiden sich geringfügig zwischen den Reifenherstellern, unterliegen Toleranzen in der Fertigung und verändern sich mit zunehmendem Verschleiß. Aus diesem Grund werden Abweichungen durch einen Vergleich zwischen Vorder- und Hinterradgeschwindigkeit in definierten Fahrzuständen adaptiert. In den fahrzeugspezifischen Parametern sind die von BMW Motorrad für das jeweilige Fahrzeug freigegebenen Rad-Reifen-Paarungen abgelegt.

4.2 Drehmomentreduktion

ASC Regelstrategie

In Bild 4.3 sind die grundsätzlichen Regelstrategien zur Reduzierung des Motordrehmoments und somit zum reduzierten Beschleunigungsvermögen am Hinterrad dargestellt. Ausgehend von einem für den Lastpunkt optimalen Zündzeitpunkt erfolgt je nach Antriebsschlupf am Hinterrad die Reduktion.

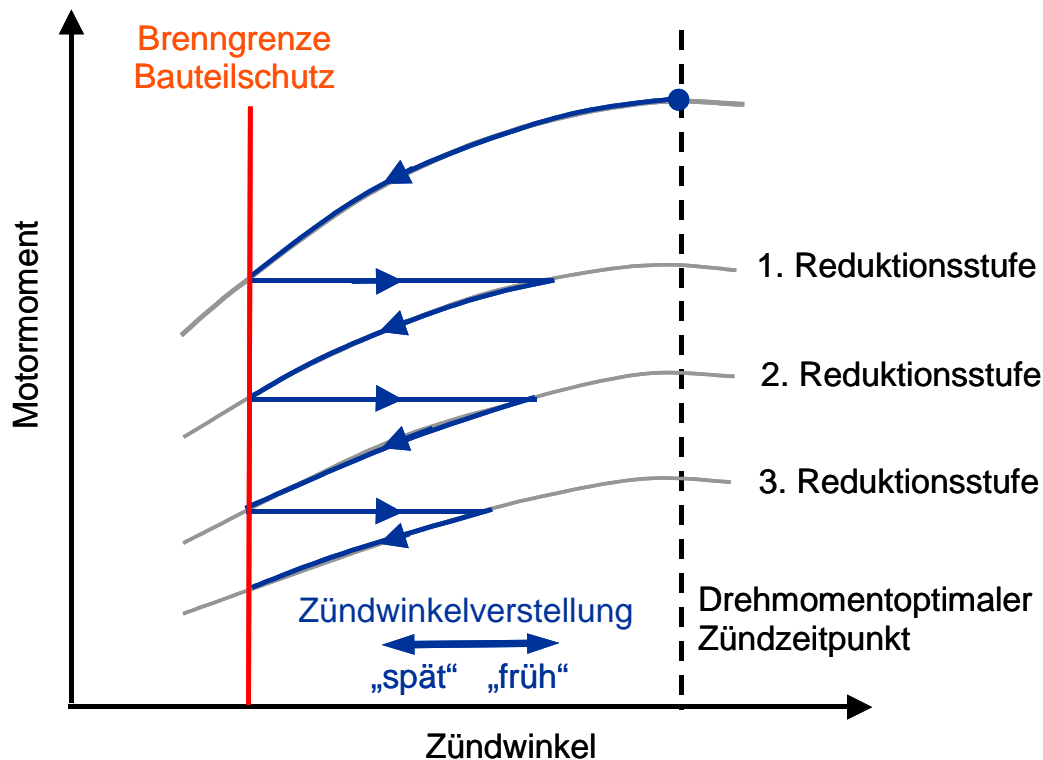


Bild 4.3: Schematische Darstellung des Drehmomentmanagements

Im ersten Schritt wird der Zündwinkel in Richtung spät verstellt und das Motordrehmoment um bis zu 25% reduziert. Durch den späten Zündwinkel erhöhen sich zwangsläufig die Temperaturen im Abgassystem, bis der Kraftstoff nicht mehr vollständig verbrannt werden kann (Brenngrenze des Motors). Deshalb ist im Steuergerät für jeden Betriebspunkt ein maximaler Wert dieser Zündzeitpunktverstellung abgelegt. Sollte trotz maximaler Zündwinkelverstellung bis an die Brenngrenze der Antriebsschlupf am Hinterrad noch zu groß sein, erfolgt die Ausblendung von Zylindern nach speziellen Ausblendemustern der Einspritzung in Reduktionsstufen. Innerhalb der Reduktionsstufen ist durch Variation des Zündzeitpunktes zu späteren Zündzeitpunkten eine weitere Reduktion des Motordrehmoments möglich. Wird erneut die Brenngrenze erreicht, wechselt die Motorsteuerung in die nächste Reduktionsstufe.

Dies bedeutet, dass weitere Einspritzungen je Arbeitsspiel unterdrückt werden (2. und 3. Reduktionsstufe). In der letzten Reduktionsstufe wird die Einspritzung wie bei normaler Schubabschaltungsfunktion gänzlich unterbunden und der Motor läuft nur noch im Schleppbetrieb. Der Motoreingriff durch ASC wird, je nach Motorkonzept, ab einer Motordrehzahl von ca. 1200 bis 1800 min^{-1} abgeschaltet, damit der Motor nicht stehen bleibt. Die Bedingung, den Motor lauffähig zu halten, wird in diesem Geschwindigkeitsbereich (ca. 5 – 15 km/h je nach Gang) höher priorisiert als die Aufrechterhaltung der Fahrzeugstabilität. Das bedeutet, dass in diesem Geschwindigkeitsbereich der Motormomentmanager die Anforderung einer weiteren Drehmomentreduktion ignoriert bzw. begrenzt. In dem Fall, dass die Drehmomentreduktion ignoriert wird, wird auch keine ASC-Regelung im I-Kombi angezeigt.

Die Übergänge in den Reduktionsstufen zur Antriebsschlupfrezuierung erfolgen angepasst an die Fahr- und Schlupfsituation. Die Rückstellung hingegen erfolgt so zügig wie möglich, um das Beschleunigungsvermögen nicht unnötig einzuschränken.

Vorderrad-Abhebeerkenkung

Erzeugt der Fahrer beim starken Beschleunigen ein „Wheely“, wird zwangsläufig das Vorderrad im Vergleich zum Hinterrad langsamer. Die ASC-Regelung erkennt dies als Hinterradschlupf und reduziert per Motorlasteingriff das Antriebsmoment am Hinterrad.

ASC Stabilitätsgrenzen

Bei der Festlegung der Regelschwellen musste ein vernünftiger Kompromiss zwischen einer sportlichen und einer sicheren Regelung gefunden werden. So wurden geschwindigkeitsabhängige Regelschwellen festgelegt, die für alle Schräglagen, die das Motorrad im Fahrbetrieb einnehmen kann, zuverlässig funktionieren. Die Konsequenz daraus ist, dass bei Schräglagen größer 40° das Beschleunigungsvermögen spürbar abnimmt. Falls der Fahrer dennoch sportlicher bzw. extremer fahren möchte, hat er die Möglichkeit, das System per ASC-Taster abzuschalten.

Wie oben erwähnt, ist das ASC wie auch das ABS für Motorräder im Grenzbereich nur ein Assistenzsystem für den Fahrer. Eine Erweiterung der physikalischen Grenzen ist auch durch ein Assistenzsystem nicht möglich. Zudem muss beachtet werden, dass die Reaktion des Fahrers sowie beispielsweise dessen schnelle Veränderung der Sitzposition ebenfalls einen entscheidenden Einfluss auf die Fahrstabilität haben.

5. Zusammenfassung

Das BMW Motorrad Integral-ABS geht in die nächste Generation und setzt zugleich zu einem Evolutionssprung an: von der singulären Lösung einer reinen Bremsenregelung zu einem vernetzten System. Mit dem neuen Integral-ABS schafft BMW Motorrad bei reduziertem technischem Aufwand eine Plattform für zusätzliche Fahrdynamik-Regelungssysteme. Sie eröffnet – wenn der Kunde dies wünscht – zukünftig die Option für weiter gehende Fahrer-Assistenzfunktionen.

Ein erster Schritt dazu ist die ab Januar 2007 angebotene Antriebs-Schlupfregelung. Dieses weltweit erste System zur Antriebs-Schlupfregelung bei Serienmotorrädern wird bei den tourenorientierten Modellen der K- und Boxer-Serie als Sonderausstattung angeboten. Wiederum erweist sich BMW als Pionier bei der Einführung von Sicherheitstechnologien beim Motorrad. Die führende Rolle, die BMW Motorrad seit mehr als 15 Jahren auf dem Gebiet der aktiven Sicherheit einnimmt, wird damit weiter ausgebaut.

Literaturverzeichnis

- (1) Braunsperger, M., Heyl, G.: Entwicklungstendenzen im Motorradbau aus Sicht von BMW, Tagung Entwicklungstendenzen im Motorradbau, Haus der Technik, Zwickau, 2002.
- (2) Braunsperger, M., Beulich, S., Wagner, H.-A.: Das neue Integral-ABS von BMW Motorrad, ATZ, 3/2001.
- (2) Eberspecher, H.: Verhaltenswissenschaftliche Aspekte der Motorrad-Bremmung, Auftaktsymposium besser bremsen, Essen, 2001.
- (4) Spiegel, B.: Die obere Hälfte des Motorrads. Vom Gebrauch des Werkzeuges als künstliches Organ, Stuttgart, 1999.
- (5) Stoffregen, S.: Motorradtechnik, Grundlagen und Konzepte von Motor, Antrieb und Fahrwerk, Vieweg Technik.

Zukunft der Verbrennungsmotoren

Future of internal combustion engines

Avenir des moteurs à combustion interne

Arnold Wagner

Peraves AG für Fahrzeug- und Flugentwicklungen, Switzerland

Kurzfassung

Entwicklung und Verbreitung des Hubkolbenkonzepts in den letzten 250 Jahren

Ablösungsversuche von Gasturbine bis WANKEL

Funktionserklärung des BERRY-KUGELMOTORS und seiner Weiterentwicklungen

Entwicklung der PERAVES-KUGELMOTOREN[®] mit technischen Daten und Versuchsergebnissen

Gegenüberstellung von Kenndaten Hubkolben-/Kugelmotor

Erste praktische Anwendung in einem YP400-Roller

Zukunftsplanungen bei PERAVES und Lizenznehmern



Abstract

Development and propagation of the piston engine concept during the last 250 years

Substitution efforts from turbine to WANKEL

Explaining the BERRY-Rotational-Power-Device and further developments

Development of the PERAVES-SUPERBALL-MOTORS[®] with technical data and testing results

Tabulating data of piston engine versus spherical motor

First practical application in a YP-400-scooter

Planning future by PERAVES and by licensed partners

Résumé

Développement et propagation des moteurs à piston pendant les derniers 250 ans

Essais de substitution par moteurs à réaction ect. jusqu'au WANKEL

Explication du moteur BERRY et développements consécutifs

Développement des PERAVES-SUPERBALL-MOTEURS® avec dates techniques et résultats d'essais

Opposition des dates moteur à piston versus moteur sphériques

Première application pratique dans un scooter type YP-400

Planification future chez PERAVES et licenciés

Zukunft der Verbrennungsmotoren

Verbrennungsmotoren im weiteren Sinn sind alle Motoren, die durch Verbrennung von Treibstoff mechanische Leistung abgeben wie beispielsweise Dampfmaschinen, Gasturbinen, Hubkolben- und Rotationskolbenmaschinen. Heute haben sich vorwiegend Verbrennungsmotoren im engeren Sinn, also Maschinen mit innerer Verbrennung, d. h. vor allem Viertakt-Hubkolbenmotoren nach dem Otto- und dem Diesel-Prinzip sowie Gasturbinen, weitgehend durchgesetzt.

Die Entwicklung und Verbreitung des Hubkolbenkonzepts in den letzten 250 Jahren begann mit der gebrauchsfähigen Dampfmaschine von James WATT und leitete das industrielle Zeitalter ein. Die Ablösung der beschränkten Wind-, Wasser- und Muskelkraft durch die unabhängig einsetzbare Maschine half der Menschheit, den Kampf zur Befriedigung der Grundbedürfnisse Nahrung/Kleidung/Wohnung zu gewinnen und ermöglicht heute eine Lebensweise mit einer Unzahl von Luxusbedürfnissen, man denke etwa an Mobilität zu Lande, zu Wasser und in der Luft.

Aus der Antriebsquelle für Fabriken, Schiffe und Lokomotiven der Dampfepoche wurden die leichteren, leistungsfähigen Antriebe für Motorfahrzeuge entwickelt und vorwiegend als Hubkolbenmaschinen mit innerer Verbrennung – auch für Schiffe und Flugzeuge – eingesetzt, bis in der Luftfahrt der „König der Verbrennungsmaschinen“, die Gasturbine, das Zepter über etwa 200 kW fast vollständig übernommen hat.

Heute können wir nicht mehr auf die Verbrennungsmaschinen verzichten, die in unserem Leben alltäglich und selbstverständlich gebraucht werden. Man kann sich die Folgen eines solchen Verzichts lebhaft vorstellen, indem nämlich sowohl der gesamte Luftverkehr als auch der gesamte Motorfahrzeugverkehr, außer im Trolleybus, zum Erliegen käme und die christliche Seefahrt wieder auf das Segel und/oder den Atomantrieb ausweichen müsste. Zwar warnen meist selbst ernannte, moderne Propheten vor dem Ausgehen der flüssigen Kohlenwasserstoffe und neuerdings auch vor einer Klimakatastrophe durch Treibhauseffekt wegen eines CO₂-Anstiegs im Bruchteil-Prozentbereich der Atmosphäre und 2 Grad mehr Jahresmitteltemperatur um 2060. Selbstverständlich soll man der Verschwendung von Energie, zum Beispiel von Einzelpersonen in SUVs mit mehreren 100 kW Motorleistung auf gut ausgebauten Straßen Riegel, meinetwegen administrative oder fiskalische, vorschieben. Aber die Potenz von Mutter Erde darf nicht unterschätzt werden, sind doch bei Extrapolation des heutigen Energieverbrauchs in die Zukunft von flüssigen Kohlenwasserstoffen noch welche für mindestens ein bis zwei Generationen vorhanden.

Dies gilt ohne teilweise Substitution durch Erdgas, Bio- bzw. Methylalkohol, Holzgas usw. Die technischen Möglichkeiten dafür sind unserer Generation als Emserwasser in der Schweiz bis in die 50er Jahre sowie als Holzvergaser an Lkw noch in belastender Erinnerung. Als nahezu unerschöpfliche Reserve bieten sich später hydrierbare Kohlevorkommen an, die für mehrere tausend Jahre reichen wer-

den. Die Verfahren dazu sind aus dem Zweiten Weltkrieg bekannt. Und 2 Grad höhere Temperaturen in Sibirien, Kanada, Skandinavien und Alaska wären dort sicher sehr willkommen.

Eine endgültige Lösung des Energieproblems zeigt uns die Sonne mit der Kernfusion. Solarenergie ist also gar nicht so erneuerbar, wie man oft behauptet, denn auch der Sonne wird einmal der Wasserstoff ausgehen. Andererseits wird es der Menschheit vermutlich relativ bald gelingen, nicht nur bei Wasserstoffbomben Atomkerne zu verschmelzen, sondern diese auch kontrolliert zu nutzen. Dann steht unbeschränkt sauberer Strom und über Wasser-Elektrolyse auch Wasserstoff zur Verfügung. Und aus den Auspuffrohren der künftigen Verbrennungsmotoren wird reiner Stickstoff mit Wasserdampf geblasen...

Die Menschheit wird vermutlich nie auf ihre sehr nützlichen Verbrennungsmotoren verzichten. Daher macht es auch heute noch Sinn, an deren Weiterentwicklung und Verbesserung zu arbeiten. Dabei hat der dominante Hubkolbenmotor schon einige Ablösungsversuche von Gasturbine bis WANKEL mehr oder weniger erfolgreich überstanden. Als quasistationäre Antriebsquelle hat sich der Elektromotor bei Maschinenantrieben, kleinräumig bewegbaren Hand- und Haushaltmaschinen und bei eindimensional mobilen Anwendungen mit Fahrleitungen weitgehend durchgesetzt. Keinen Erfolg hat er bei Verwendung von Batterien als Energiespeicher im gesamten Mobilitätsbereich, außer etwa beim Modellflug. Die immer noch 50 bis 100 Mal schlechtere Speicherdichte wird auf absehbare Zeit, trotz allen staatlichen und großbetrieblichen Sponsorings, keinen Erfolg bringen, denn niemand wird sich, beispielsweise bei unseren ECO-Kabinenmotorrädern und gleichem Treibstoffgewicht, etwa die Reichweite von 1000 auf 10 oder 20 Kilometer reduzieren lassen.

In der Luftfahrt hat die Gasturbine mittlerweile den Hubkolbenmotor auf kleine Anwendungen bis etwa maximal 200 kW vollständig verdrängt. Propulsions-Wirkungsgrad, Staudruckaufladung und hohe Dauerleistung machen dort die Nachteile der Turbine, nämlich abnehmenden Wirkungsgrad und zunehmende Dichtverluste bei Leistungsreduktion, zum unwesentlichen Übel. Bei den Schiffsmotoren hat der Großdiesel die anfangs des letzten Jahrhunderts an die Dampfturbine verlorenen Bereiche größtenteils zurückerobert, hauptsächlich wegen des geringeren Treibstoffverbrauchs, der Reversierbarkeit mit Direktantrieb der Schraube und wegfallender Anheizphase. Merkwürdigerweise ist die Neuentwicklung dieser Großdieselmotoren während des Ersten Weltkriegs durch den Umstand eingeleitet worden, dass der Dampfturbinenantrieb bei Beschuss die Mannschaften in den Maschinenräumen verbrühte. Schlussendlich sind hauptsächlich auf dem Gebiet der Motorfahrzeuge bisher keine größeren Einbrüche in diese Hauptdomäne des Otto- und Diesel-Hubkolbenmotors durch Gasturbine, WANKEL und/oder andere Konzepte gelungen.

Da Motorfahrzeuge, insbesondere wegen der heute üblichen Übermotorisierung, meist im geringen Teillastbereich betrieben werden, verliert die Gasturbine hier mit der Verdichtungsreduktion und den Dichtverlusten durch um Faktoren höheren Verbrauch, während insbesondere der Diesel fast bis zum Leerlauf effizient bleibt. Das WANKEL-Konzept hat sich, trotz einer großen Euphorie anfangs der 70er Jahre, nur am Rande etablieren können, obwohl die anfänglichen Probleme mit Dichtleisten und Rattermarken bald behoben werden konnten.

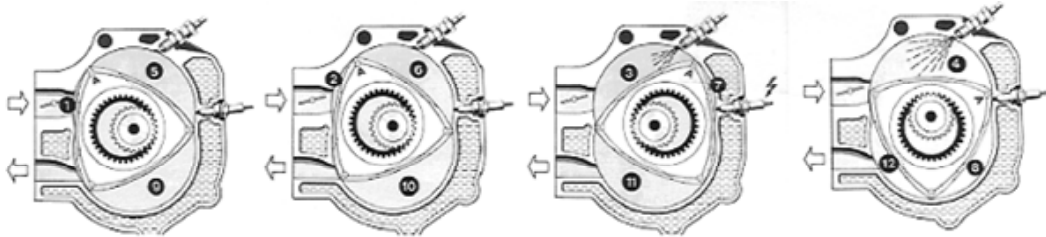


Bild 1: WANKEL-Rotationskolbenmotor (NSU-Prinz-Fibel)

Abgesehen davon, dass die Epitrochoiden keine reine Rotationsbewegung des Läufers bewirken und der WANKEL durch die Exzenterwelle eigentlich zum „SCHWANKEL“ wird, dessen Schwingungen durch zwei versetzte Läufer oder andere Ausgleichsmaßnahmen bedämpft werden müssen, hat Professor FIALA einmal das Konzept mit der Bemerkung zu erledigen versucht, dass kein Motorenkonstrukteur bei Verstand ein Triebwerk mit einem Hub-Bohrungsverhältnis von 1:10 in Betracht ziehen würde. Der wirksame Hub ist hier lediglich die Differenz zwischen den Durchmessern von Innenverzahnung im Läufer und Zentralritzel. Damit ergibt sich, besonders für den heute im Vormarsch befindlichen Diesel, nicht genügend Kompression und es müssen dafür zwei Läufer hintereinander geschaltet werden, wodurch sich der Bauaufwand verdoppelt.

Der Verfasser hatte kürzlich Gelegenheit, das letzte WANKEL-Auto, den RX8, ausgiebig Probe zu fahren. MAZDA sind dafür Komplimente zu machen, denn der Wagen ist rundum gelungen und der RENESIS-Wankel meistert den Startvorgang, die Kupplungsphase und den gesamten Fahrbetrieb glänzend bei turbinenartiger Laufruhe und Drehfreudigkeit. Aber die nahezu 4 Liter Kammervolumen leisten in der Sportvariante lediglich 170 kW / 230 PS, was durch Sport-SCHÜTTELHUBER (Bezeichnung von Prof. WANKEL für den Hubkolbenmotor) heute um nahezu das Doppelte überboten wird. Der Verbrauch von mindestens 12 Litern/100 km zeigt den erheblichen Rückstand im WANKEL-Wirkungsgrad. Eine weitere Alternative, nämlich die Brennstoffzelle, eine Umkehr der Wasser-Elektrolyse, wird ebenfalls als Alternative kolportiert. HYUNDAI hat kürzlich den Tucson FCEV vorgestellt, der 300 km Reichweite und 150 km/h Spitze mit einer Wasserstoff-Tankfüllung erreichen soll. Der Knackpunkt liegt bei den Kosten, nämlich rund 2,5 Millionen € pro Fahrzeug.

Da der Verbrennungsmotor mit Wasserstoff ebenfalls „Zero-Emission“ erreicht, wird sich wohl der Umweg über Elektrizität aus der Brennstoffzelle weder bei Kosten noch Wirkungsgrad auszahlen. Hubkolbenmotoren haben heute einen sehr hohen Entwicklungs- und Fertigungsstand erreicht, der sich beispielsweise in Teilen eines zerlegten HONDA-Fireblade-Triebwerks zeigt.



Bild 2: Zerlegtes HONDA-Fireblade-Triebwerk (Motorrad 18/2001 S.45)

Angesichts dieser genialen Verkomplizierung von vier aneinandergereihten „Schüttelhubern“ ist der Verfasser wohl nicht allein mit seiner Meinung, dass es auch einfacher gehen müsste. In seiner unbewussten Suche nach Alternativen wurde er fündig mit dem Konzept des dreidimensionalen KUGELMOTORS, auf das er von Herrn Dr. h.c. Herbert HÜTTLIN aus Lörrach im Dezember 2003 hingewiesen wurde. HÜTTLIN hat auf das Konzept 2002 und 2003 Patente angemeldet. Eine Patent-Recherche des Europäischen Patentamts fand jedoch ein US-Patent, welches der Erfinder Frank BERRY (1904-69) 1963 erteilt bekam und das die HÜTTLIN-Patente im Wesentlichen vorweggenommen hat. Das Grundkonzept des Kugelmotors ist also heute nach Ablauf des BERRY-Patents frei verfügbar. Die Funktionserklärung des BERRY-Kugelmotors und seiner Weiterentwicklungen soll nachfolgend im Umfeld verständlich dargestellt werden.

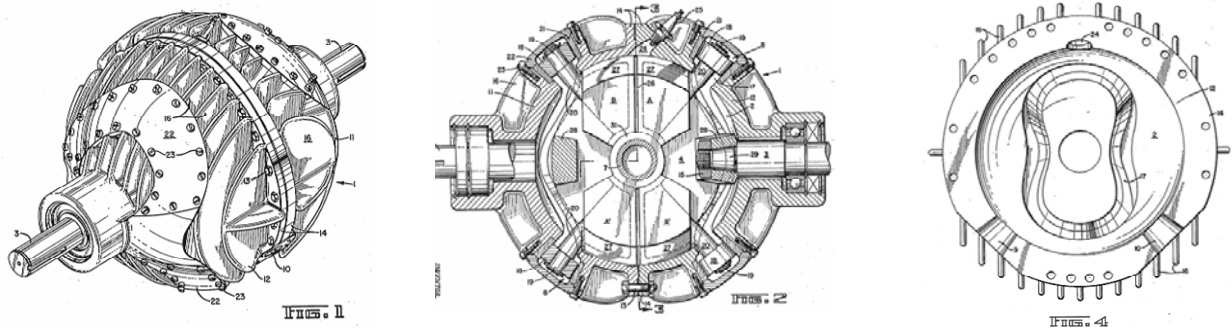


Bild 3: BERRY-Kugelmotor (US-Patentschrift No. 3,075,506 Sept. 1963)

Der Verfasser hat sich im August 2006 die Mühe gemacht, Familie BERRY in Corinth, MS/USA zu besuchen und konnte die Nachlasspapiere im dortigen Museum detailliert durchsehen. Frank BERRY hat Pumpen nach seinem Patent gebaut, bei welchen anstelle der 8-förmigen Kurvenbahn eine birnenförmige nur 2 Takte pro Umdrehung erzeugt. Ein Exemplar einer solchen Pumpe für Freon ist im Museum ausgestellt. Vom Motor mit 8-förmiger Kurvenbahn und 4 Takten pro Umdrehung wurde ein Holzmodell angefertigt. BERRY starb vor der Realisierung eines Prototyps.

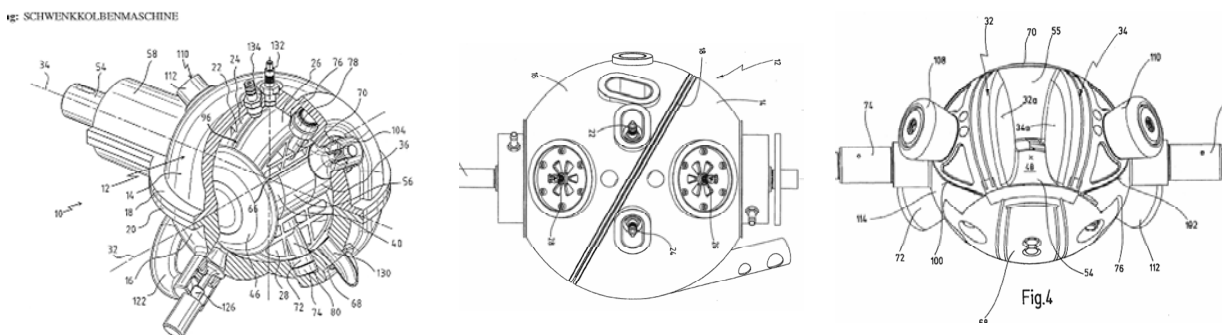


Bild 4: HÜTTLIN-Kugelmotoren (Patentanmeldungen von 2002/2003)

Der HÜTTLIN-Kugelmotor 1[®] ist eine Weiterentwicklung des BERRY-Motors und unterscheidet sich im Wesentlichen durch die Aufladung der Arbeitskammern mit Überströmkanälen und Einlassventilen von den Nebenkammern her. Prototypen sind nach der zweiten Patentanmeldung gebaut und scheinbar auch zum Laufen gebracht worden. Dr. HÜTTLIN hat aber das BERRY-Prinzip bald zugunsten torusförmiger Kolben aufgegeben, wohl wegen nicht vollständig gelöster Abdichtungsprobleme.

Aufbauend auf BERRY hat nun der Verfasser 2004 die Weiterentwicklung des Kugelmotors begonnen und seither vier Patentanmeldungen eingereicht. Die wesentlichsten Unterschiede sind der Kugelumlauf anstelle der Führungsrollen, der Drehmassen-Ausgleich, die 4-in-2-Drehschieber-

steuerung, Kolben-Ölkühlung, ein umfassendes Dichtsystem sowie ein kombiniertes Fluidsystem für Treibstoff, Kühlung und Schmierung, insbesondere für eine Dieselvariante.

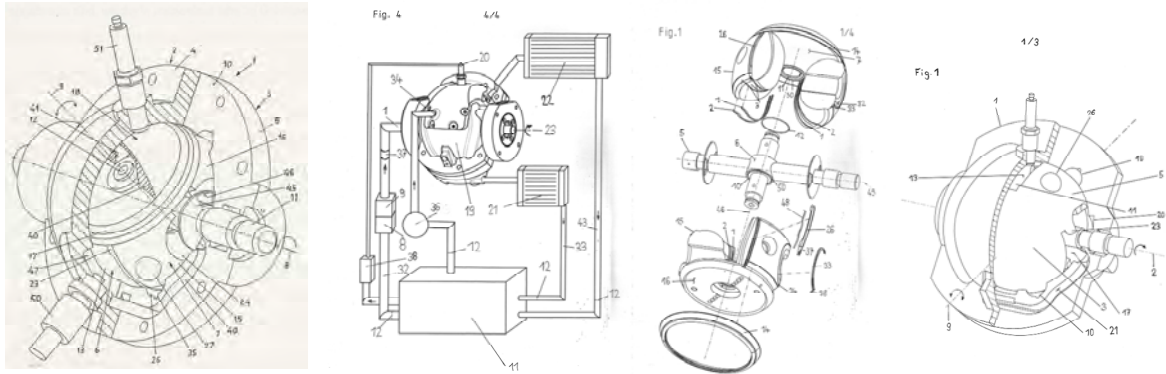


Bild 5: PERAVES-Kugelmotoren® (Patentanmeldungen von 2004-2006)

Aus diesen Patentdarstellungen ist die Funktionsweise der Kugelmotoren noch kaum zu verstehen. Daher nehmen wir dazu 5 Schnittdarstellungen des PERAVES-KUGELMOTORS® PKM-16 (16 = Gehäuse-Innendurchmesser in Zentimetern, ~ 377 cm³ Arbeitskammervolumen) zu Hilfe. Anstelle der Kurbelwelle sind 2 dreidimensionale Kurvenbahnen als halbkreisförmige Nuten im Gehäuse untergebracht, womit pfannenförmig eingelassene Kugeln in den Kolben einen direkten Kraftschluss zwischen rotierendem Innenmotor und Gehäuse bewirken. So wird die Hubkolben- und WANKEL-Zweidimensionalität mittels der Ausnutzung aller drei Dimensionen, also überlagerter Drehung und Schwenkung der Kolben, überwunden und der Durchbruch zum dreidimensionalen Motor erreicht.

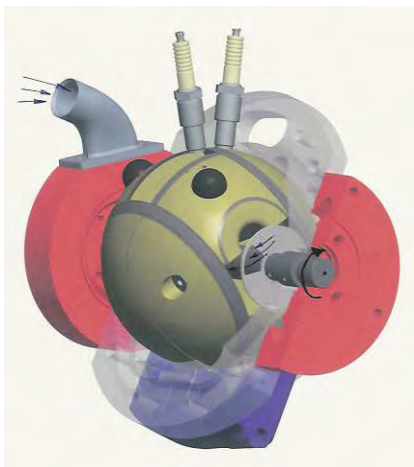


Bild 6: Ansaugen in die Vorkammern durch 4 Drehschieberfenster. Vorkammern (seitlich) öffnen (PERAVES-CAD).

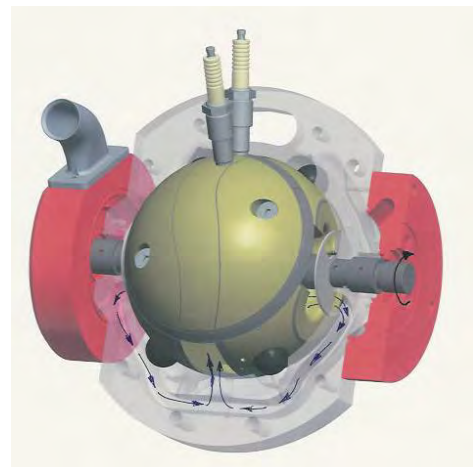


Bild 7: Arbeitskammer (Mitte) lädt durch 2 Drehschieberfenster + Überströmkanäle. Vorkammern schließen, Arbeitskammer (Mitte) öffnet (PERAVES-CAD).

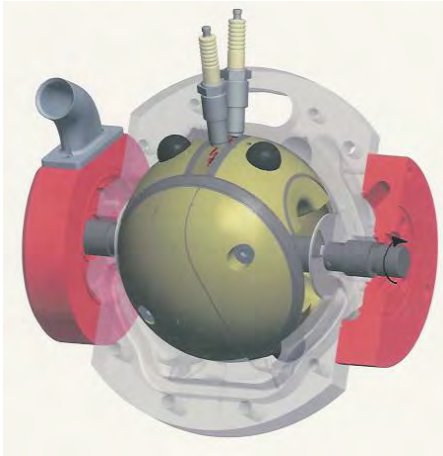


Bild 8: Verdichtung und Zündung (PERAVES-CAD)

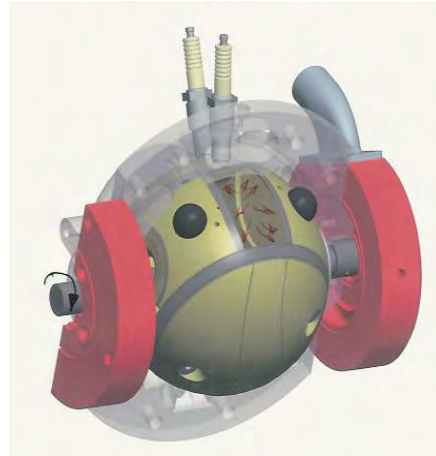


Bild 9: Motor-Hinterseite/Arbeitstakt – Expansion (PERAVES-CAD)

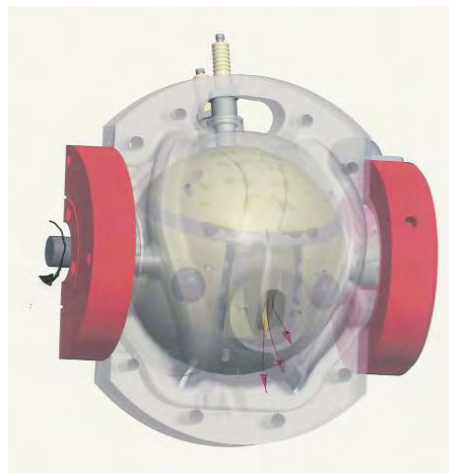


Bild 10: Motor-Hinterseite / Auspufftakt (PERAVES-CAD)

Kugelmotoren nach dem BERRY-Prinzip haben 2 doppelarmige Kugelkolben, die sich gleichzeitig auf einer durch das Gehäuse mittig durchgehenden Umlaufachse mitdrehen und sich um 2 zur Umlaufachse mittig und senkrecht abstehende Schwenkachsenstummel dadurch gegeneinander verschwenken, weil 4 in die Kolbenflächen eingelassene Kugeln (PERAVES Pat. pend.) oder daran befestigte Rollen (BERRY, HÜTTLIN) den zwei im Gehäuse eingelassenen Nuten zwangsgesteuert folgen. Diese Nuten in der Form von Sinoiden (PERAVES pat. pend.) mit einer Periodenlänge von 180 Winkelgrad der Umlaufachse und einer Amplitude, die den Kolben-Verschwenkungswinkel bestimmt, ergeben für die 2 Arbeitskammern pro Umdrehung je 4 Arbeitstakte.

Der mittlere Verschwenkungsweg verhält sich zum mittleren Arbeitskammerdurchmesser wie 4,2:7,1, das heißt, das Hub-Bohrungs-Verhältnis ist 0,6 oder 1:1,7 wie etwa bei einem Hubkolben-Kurzhuber. Das bedeutet: Prof. FIALA kann über den Verstand des Verfassers beruhigt sein. Kugelmotoren sind also Viertakter mit einer Zündfolge von 180°, was derjenigen eines Vierzylinder-Viertakt-Motors ent-

spricht. Dazu kommt eine Vorkammeraufladung von bis zu 1,7 bar (PERAVES). All dies wird mit nur 3 bewegten Teilen (Umlaufachse und 2 Kugel-Kolben) bewirkt. Weil der Luftdurchsatz pro Umdrehung mehr als das Doppelte beträgt, ist für gleiche Leistung weniger als die halbe Drehzahl mit allen Vorteilen bezüglich Verschleiß und Lebensdauer gegenüber dem Hubkolbenmotor erforderlich.

Im Sommer 2004 begann die Entwicklung der PERAVES-KUGELMOTOREN®. Diese sowie technische Daten und Versuchsergebnisse werden nun kurz dargestellt. Um die Konstruktion selbst in der Hand zu behalten musste der Verfasser mit 63 Jahren etwa 6 Leidensmonate der Konversion vom klassischen Zeichnungsbrett auf das Pro-engineer-3D-CAD-System ertragen. Ohne dieses wäre der dreidimensionale Kugelmotor unvorstellbar, und das direkte Feeding der Teiledaten in die 5-Achsen-Fräsmaschinen per IGS und E-Mail mit unglaublicher Zeitersparnis und Präzision war rückblickend mehr als die erwartete Belohnung für die oben erwähnte Leidenszeit. Ja hätte man nur all das schon für seine früheren Projekte und Konstruktionen gehabt!

Um Erfahrung mit Herstellung und Betrieb kostenmäßig in Grenzen zu behalten, entschied sich der Verfasser auf Anraten eines Motorenherstellers zu einem relativ kleinen Prototyp, der einen später als kennzeichnende Größe verwendeten Gehäuse-Innendurchmesser von 12 Zentimetern aufweist, den PKM-12. Es sollte eigentlich ein 125-cm³-Motor werden, aber Optimierungen brachten dann effektiv 147 cm³ als totales Arbeitskammervolumen zustande. Da Dr. HÜTTLIN mit einer supermodernen Einspritzanlage bei seinen Prototypen mehr als ein Jahr nach der ersten Zündung suchen musste, nahm der Verfasser 2 ihm aus der Motorradzeit bekannte Dellorto-Vergaser zur Gemischbildung, und etwa 6 Wochen nach den ersten Schleppversuchen auf dem neu entwickelten Drehmaschinen-Prüfstand mit direkter Drehmomentmessung und angeschlossenem Bosch-Tester gelang am 31. Dezember 2004 nachmittags 14 Uhr die erste Zündung, das Firing-up. Zwecks optischer Kontrolle des Schmierkreislaufs war die Ölwanne nicht verschraubt, und nach einigen Zündungen setzte die feuernde Kugel diese gleich in Brand, quasi ein Fanal einer neuen Motorengattung. Wegen des von den Vergasern heruntertropfenden Benzins musste dann das Fest mittels Halon-Feuerlöscher gestoppt werden.

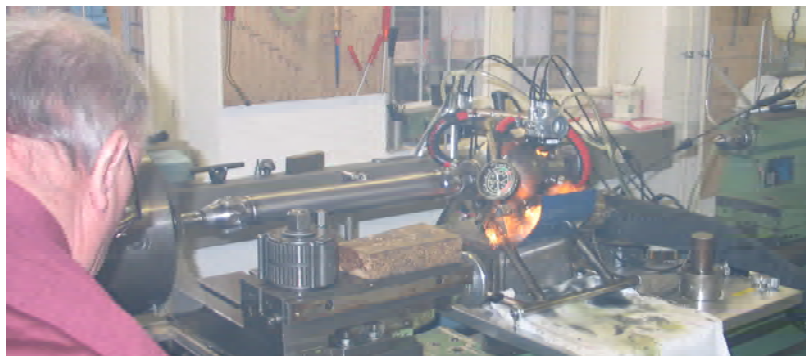


Bild 11: PERAVES-KUGELMOTOR® PKM-12 am 31.12.2004, Ölwanne im Brand (PERAVES-Archiv)

Technische Daten PKM-12:

12 cm Gehäuse-InnenØ = 147 cm³ totales Arbeitskammervolumen, KERAMIK-KUGELUMLAUF Ø 3/4"/19,05 mm, DREHMASSENAUSGLEICH, 2-in-1-DREHSCHIEBER, ALU-DOPPELKOLBEN mit TASCHENBRENNRÄUMEN, GRAUGUSSGEHÄUSE, NADELGELAGERTE UMLAUF+SCHWENKACHSE

Nennleistung (über Luftmenge berechnet): 8 kW bei 3'000/min (1. Leistungsstufe)
 Gewicht: (ohne Zündung, Vergaser/Einspritzung) 14,7 kg

Dimensionen: Länge (inkl. Ölpumpe + Ritzel) 270 mm
 Breite (mit Wassermänteln) 170 mm
 Höhe (inkl. Ölsumpf) 210 mm

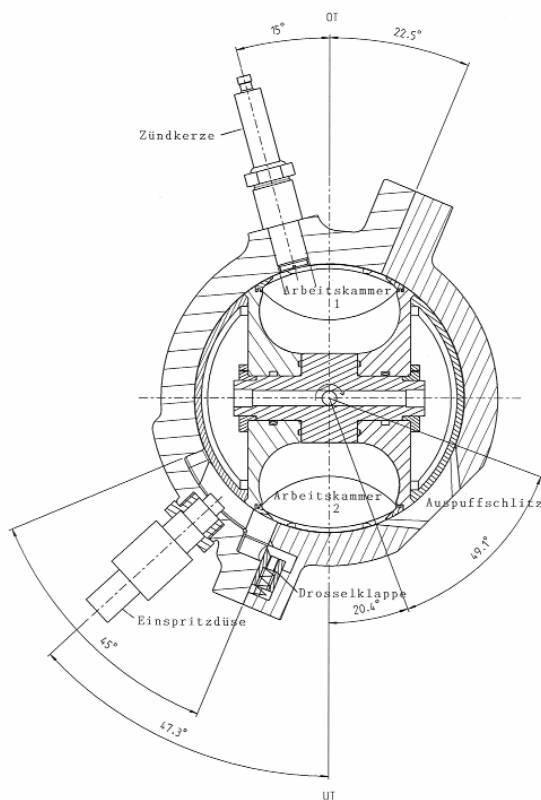


Bild 12: CAD-Querschnitt PKM-12
 (PERAVES-CAD)

Messbereich bisher
 Schleppbetrieb / Mechanik
 auf Prüfstand bis 1'600/min
 total ~ 200 Std. mit 2 Prototypen

Selbstlauf ab ca. 1'400-1600/min
 Total ~ 10 Std.

Höchste Drehzahl 2'150/min

Leistungsmessung maximal
 3,2 kW inkl. 0,7 kW Durchdreh-
 Widerstand bei 2'000/min

Verschiedene Dichtsysteme erprobt, zu
 hohe Kompressions-Verluste müssen
 noch verbessert werden durch Übernah-
 me des Dichtsystems vom PKM-16

Mögliche Anwendungen unter anderem: Kleinmotorräder, Roller, größere Rasenmäher. Die Erprobung des PKM-12 zeitigte einen vollen Erfolg des Kugelumlaufs und der Mechanik. Als Hauptproblem stellte sich erwartungsgemäß die Abdichtung gegen Kompressionsverluste heraus, die auch nach verschiedenen Verbesserungen einen Selbstlauf bei niedrigen Touren und damit ein befriedigendes

Startverhalten noch nicht erreichen ließ. Die Einspritzung verbesserte zwar das Kalt-Aufstarten, aber da sich das kleine Volumen der Arbeitskammern ($2 \times 73,5 \text{ cm}^3$, Verdrängung, bei OT noch $6,5 \text{ cm}^3$ Brennraumvolumen) als zu schwierige Vorgabe für die neuartige Dichtungsentwicklung erwies, wurde das Modell PKM-12 zurückgestellt.

Vorteile der 3-D-CAD-Systeme und des BERRY-Kugelkonzepts sind, dass sich die Motorengröße durch einfache Skalierung leicht verändern lässt. Lediglich Normteile wie Schrauben müssen nachher auf vorhandene Größen umgeändert werden. Im Sommer 2005 wurde daher die Entwicklung des PKM-16 gestartet. Für eine erste praktische Anwendung stellte YAMAHA freundlicherweise einen YP-400-Roller zur Verfügung und die Konstruktion wurde von Beginn an auf einen Einbau darin ausgerichtet. Ein neues Dichtsystem mit Schrägnuten der Hauptringe sowie konisch gewalzten Wellenfedern, teilweise mit Öldruckunterstützung für guten Anpressdruck, wurde erfunden, konstruiert, gebaut, erprobt, schrittweise verbessert und zum Patent angemeldet.

Das Prinzip, dass alle sich gegeneinander bewegenden Flächen von Vor- und Arbeitskammern an oder in der Nähe der Kanten durch Dichtelemente verschlossen werden müssen, brachte bisher eine Verbesserung der Kompressions-Verluste in der Größenordnung, dass die Selbstlaufdrehzahl, also der Übergangswert von Schlepp- zu Selbstlaufbetrieb, von 1.400-1.600/min beim PKM-12 auf nunmehr 500-600/min beim PKM-16 gesenkt werden konnte. Mit weiteren Verbesserungen sollen Werte um 300/min erreicht werden, womit ein verstärkter elektrischer Anlasser des YP-400-Rollers den Start ermöglichen würde.

Technische Daten PKM-16

16 cm Gehäuse-InnenØ = 377 cm^3 totales Arbeitskammervolumen, KERAMIK-KUGELUMLAUFØ 1"-25,4 mm, DREHMASSENAUSGLEICH, 2-in-1-DREHSCHIEBER, ALU-DOPPELKOLBEN mit TASCHENBRENNRÄUMEN, GRAUGUSSGEHÄUSE, NADELGELAGERTE UMLAUF+SCHWENKACHSE, DOPPELZÜNDUNG, OBLIQUE-DICHTSYSTEM usw.

Nennleistung (über Luftmenge berechnet)	Stufe 1	12 kW bei 2.000/min
	Stufe 2	18 kW bei 3.000/min
	Stufe 3	27 kW bei 4.500/min

Die Leistung steigt in Folge der großen möglichen Beatmungsquerschnitte und der asymmetrisch variablen Steuerzeiten praktisch linear zur Drehzahl. Das Erreichen der Leistungsstufen muss über Prüfstandläufe langsam Drehzahl steigernd erfolgen, da noch sehr wenig Erfahrung mit solchen Motor-konstruktionen vorliegt.

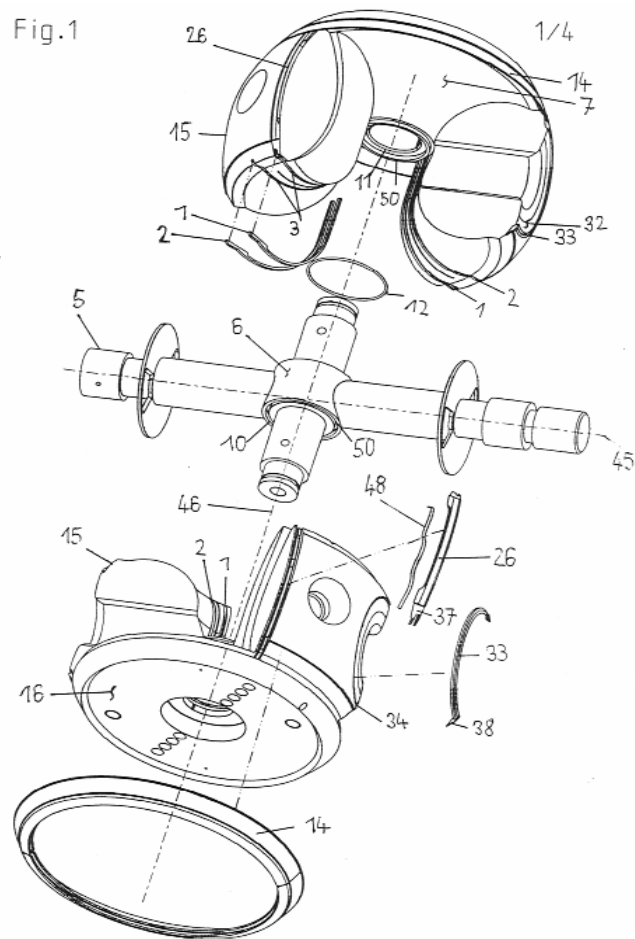


Bild 13: CAD-Explosionszeichnung von Umlauf+Schwenkachse, zweiarmigen Kugelkolben und OBLIQUE-Dichtring- + -Leisten-System mit Wellenfedern (PERAVES-CAD)

Gewicht mit Graugussgehäuse: 21,5 kg

Dimensionen: Länge inkl. Antriebsritzel 260 mm
 Breite inkl. Wassermäntel 240 mm
 Höhe inkl. Ölsumpf 270 mm

Bisheriger Messbereich: 75 Std. Schlepp-, Selbstlauf- und Leistungsbetrieb von 5 Prototypen auf Drehbank-Prüfstand und eingebaut in YP-400-Roller. Fahrbetrieb im September 2006 geplant.
 Anwendungen: Roller, Motorräder, Kleinautos und Spezialfahrzeuge.

Eine Gegenüberstellung von Kenndaten Hubkolben-/Kugelmotor ergibt anhand des YP-400-Einbaus das folgende Bild:



Bild 14: YP-400-Einzylinder-4-Takt- Hubkolbenmotoreinbau (PERAVES-Archiv)



Bild 15: PKM-16 aufgesetzt auf Triebssatzschwinge des YP-400 anstelle von Kopf und Zylinder des Hubkolbenmotors (PERAVES-Archiv)

Die Größenverhältnisse des 395 cm^3 -Einzylinders zum 377 cm^3 -Kugelmotor sind deswegen nicht direkt vergleichbar, weil der YP-400 eine Triebssatzschwinge hat, wo für den Kugeleinbau durch Demontage von Zylinder + Kopf lediglich ein Teil des Motors entfernt wurde, da die Pleuellager durch Überfräsen der Pleuellager und mit einem eingepressten Pleuellager plus Pleuellager statt der Pleuellager weiter verwendet wird. Zudem kam zwischen Kugel und Zylinderfuß-Auflage ein Reduzier-Getriebe 1:2 zum Einbau. Daher verlängerte sich die Triebssatzschwinge von 25 cm ab Pleuellagergehäuse auf 32 cm. Rechnet man das Pleuellagergehäuse des YP-400 dazu bzw. zieht man es vom Kugeleinbau ab, gewinnt die Kugel mit einem Volumenverhältnis von 0,45 zu 1.

Die Gewichtsverhältnisse sind damit belegt, dass sie hier mit dem Kugeleinbau um 10,2 kg schwerer ausfallen. Zieht man wiederum Pleuellagergehäuse/Welle und Zwischengetriebe ab, verbleiben + 0,750 kg zu Ungunsten der Kugel. Wird das Graugussgehäuse durch Alu-Teile ersetzt, fallen bei der Kugel 10,5 kg weg und die Kugel gewinnt mit einem Mindergewicht von 9,75 kg.

Der Bauaufwand für Zylinderkopf, Zylinder + Pleuellagertrieb des YP-400 einerseits und für den PKM-16 ergibt bei vergleichbaren Fertigungsbedingungen einen Vorteil für die Kugel von etwa Minus 10-20% Fertigungs- und Materialkosten.

Zu Motorleistung und Drehmoment liegen erst provisorische Vergleichswerte vor. Vorläufige Diagramme mit der Kugel bis 2.000/min zeigen das folgende Bild:

Technische Daten

Motor: Kennlinien

00.10

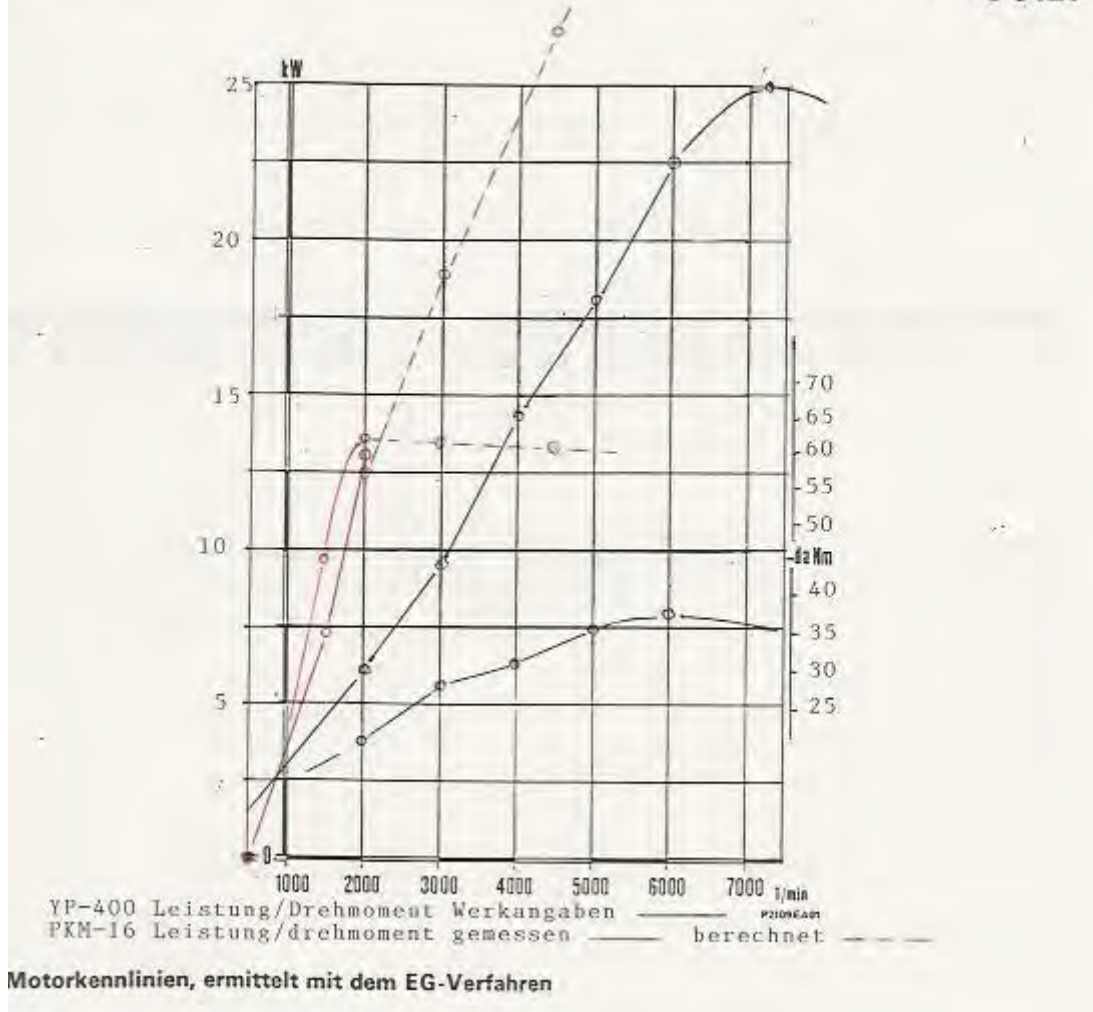


Bild 16: Motorkennlinien YP-400 + PKM-16 (PERAVES-VSL)

Wie erwartet steigt die PKM-16-Leistungskurve entsprechend der Luftmenge etwa doppelt so steil an wie die des YP-400. Der Abfall im Drehmoment unter etwa 1.800/min hängt mit dem im Langsamlauf noch zu hohen Kompressionsverlust zusammen. Mit der Untersetzung 2:1 im Rollereinbau sollten sich die Fahrleistungen in etwa überdeckend verhalten. Durch die halbe Drehzahl ist ein Verschleiß- und Lebensdauer-Vorteil zugunsten der Kugel zu erwarten.

Das Abgasverhalten des YP-400 erfüllt die Motorrad-EURO-2-Norm mit Einspritzung, unregelmäßigem Katalysator und Lufterinblasung in den Auspuff. Beim PKM-16-Einbau wurde die Lufterinblasung weggelassen. Zudem ist für die Einfahrphase zeitweise Zweitaktgemisch 1:40 verwendet und die Beölung reichlich dosiert worden. Entsprechend zeigten sich Blaurauch und bei vorläufigen Messungen HC-Werte mit Faktoren 2 bis 5 über der EURO-2 Limite. Wir gehen davon aus, dass sich mit Benzin ohne Ölbeimischung, Reduktion der Beölung und Einbau der Lufterinblasung die EURO-2-Werte

ebenfalls einhalten lassen. Die Abgasreaktionen auf Gemisch-Veränderungen jedenfalls sind deckungsgleich mit jenen der Hubkolbenmotoren.

Die erste praktische Anwendung des PERAVES-KUGELMOTORS® PKM-16 im YP-400-Roller steht mit abgeschlossenen Anpassungs- und Einbauarbeiten sowie Standläufen bei Abfassung des Vortrags (03.09.2006) unmittelbar vor der Fahrversuchsphase. Möglicherweise können an der Konferenz bereits weitere Resultate dazu vorgelegt werden.



Bild 17: Standlauf-Versuche mit dem PKM-16-Roller (PERAVES-Archiv)

Zurzeit konzentrieren wir uns auf die technische Fertigstellung des PKM-16-Rollers mit Zulassung inklusive Einhaltung von Lärm- und Abgaslimiten. Die Zukunftsplanungen bei PERAVES und Lizenznehmern sehen als nächsten Schritt die Verwirklichung des PERAVES-KUGELMOTORS® PKM-24 vor. Dieser größere Typ mit Leistungsstufen bis 100 kW und 1.280 cm³ soll einerseits in unseren Kabinenmotorrädern ECOMOBILE und MONOTRACER® den BMW-K1200-Motor ablösen und andererseits als Pkw-Einbaumotor durch eine Motorenfabrik in China produziert und angeboten werden.

So oder so werden wir versuchen, dem nützlichen und weit verbreiteten Hubkolbenmotor mit der Kugel eine günstigere Alternative zur Seite zu stellen und ihm sukzessive samt Schubkurbeltrieb und Zweidimensionalität bald den wohlverdienten Ruhestand zu ermöglichen.

**Richtlinien für einen motorradfreundlichen Straßenbau
in Europa**

Guidelines for PTW-Safer Road Design in Europe

**Recommandations pour une meilleure Sécurité
des Deux Roues Motorisées (PTW) sur les routes d'Europe**

Eugène Daams

RAI Association, Netherlands

for

ACEM

(Association des Constructeurs Européen de Motocycles)

Belgium

Kurzfassung

Hohes Risikominimierungs-Potenzial

Motorisierte Zweiräder gehören zum europäischen Verkehrssystem. Sie ermöglichen eine sparsamere und bessere Ausnutzung der Infrastruktur und der bestehenden Straßennetze und bieten eine effiziente Möglichkeit des (Personen-)Verkehrs durch einen besseren Zugang zu überfüllten Städten und Straßen.

Ein großes Potenzial zur Risikominimierung liegt in der Verbesserung der Straßen und der Verkehrsbedingungen, aber auch in einem besseren Erkennen von gefährlichen Situationen für einen Zweiradfahrer durch alle Verkehrsteilnehmer.

Eine Verbesserung der Verkehrssicherheit verlangt eine „gemeinsame Verantwortung“. Bei Umsetzung der Empfehlungen in diesem Handbuch werden Verkehrsplaner und Straßenbauingenieure hierzu einen erheblichen Beitrag leisten können und die europäischen Straßen für motorisierte Zweiradfahrer sicherer machen.

Frühere Veröffentlichungen von Mitgliedsstaaten zeigen, dass ein Handbuch für Straßenbau (Civil Engineering Handbook) ein brauchbares Instrument zur Verbesserung der Verkehrssicherheit für motorisierte Zweiradfahrer sein kann. Das ACEM Handbuch „Motorradfreundlicher Straßenbau in Europa“ hat diese Entwicklung im Hinblick auf die Zukunft auf ein europäisches Niveau gehoben.

Allgemeine Richtlinien

Das Handbuch „Sichere Straßenauslegung in Europa für motorisierte Zweiräder“ bietet Verkehrsbehörden, Beratern und (Bau-)Unternehmen praktische Hinweise, wie motorradrelationale Faktoren erkannt und sauber in die Straßenplanung und den späteren Betrieb integriert werden können. Umfangreiche Ratschläge für Straßenbau- und Verkehrsingenieure sowie Verkehrspolizeibeamte zur Steigerung der Verkehrssicherheit bei einem minimalen Kostenaufwand werden gegeben.

Das Handbuch „Sichere Straßenauslegung in Europa für motorisierte Zweiräder“ umfasst:

- Integration von motorisierten Zweirädern in die Verkehrsplanung und Verkehrspolitik
- Straßenauslegung

- Verkehrswegebau
- Straßennetzwartung
- Verkehrsmanagement
- Parkraumbewirtschaftung
- Verkehrssicherheitsaktionen
- Elemente für Verkehrssicherheits-Audits

Verbesserung der Verkehrssicherheit – gemeinsame Verantwortung

Verkehrssicherheit braucht eine integrierte Betrachtungsweise und Infrastruktur ist eine der wesentlichen Maßnahmen zur Erreichung des EU-Zieles „Halbierung der Verkehrsunfallopferzahlen bis 2010“. Parallel zum EU Verkehrssicherheitsprogramm verfolgt die Motorradindustrie ein breit angelegtes Maßnahmenbündel, um alle Aspekte der Sicherheitsbelange von motorisierten Zweirädern abzudecken:

- EU Verkehrssicherheits-Charta (Fahrzeugtechnologie)
- Initial Rider Projekt (Fahrerverhalten)
- Europäische Richtlinien zum Straßenbau

Verbesserungen der Verkehrssicherheit verlangen „gemeinsame Verantwortung“. Verkehrsplaner und Ingenieure werden bei Nutzung der Empfehlungen dieses Handbuches dem gemeinsamen Ziel, eine sichere Umgebung für motorisierte Zweiradfahrer zu schaffen, ein großes Stück näher kommen.

Motorradunfall-Detailstudie (MAIDS, 2004)

Eine umfassende Detailuntersuchung von Motorrad- und Mopedunfällen. Es handelt sich um eine vor kurzem durchgeführte aktuelle Studie über Unfälle motorisierter Zweiradfahrer. Die MAIDS-Statistiken zeigen einen deutlichen Hinweis in Richtung Verkehrsinfrastruktur:

- bei 30% aller Unfälle lagen Straßenschäden vor
- bei 7,7% aller Unfälle waren die Umweltbedingungen ein unfallursächlicher Faktor
- in 8% der Fälle waren die Verkehrsumweltbedingungen noch ein wesentlicher sekundärer Unfall bestimmender Faktor
- mangelhafte Verkehrsführung wurde in 6% der Fälle ermittelt
- bei 6% der Unfälle wurden gefährliche Verkehrsbedingungen ermittelt

- bei 10% der Unfälle waren beispielsweise schlechte Fahrbahninstandhaltung oder unzureichende Beschilderung die Unfall ursächlichen Faktoren
- Sichtbehinderungen durch fixe Objekte am Fahrbahnrand waren nicht unüblich als Unfallursache

Der komplette Report ist unter <http://maids.acembike.org> zu finden.

Wie bekommt man das Handbuch?

Es kann unter der Adresse www.acembike.org heruntergeladen werden.

Abstract

Great potential to reduce risk

Powered Two Wheelers (PTW) belong to the European transport system. They provide the opportunity to make better use of the infrastructure and existing road systems and offer an efficient mode of transport allowing easy access to crowded cities and streets.

There is great potential to reduce risk by improving road and traffic conditions as well as road user behaviour based on a better understanding of how conditions affect motorcycle safety.

Improvements in road safety require “shared responsibility”. When making use of the recommendations of the handbook, road designers and traffic engineers will greatly contribute to the common target and make European roads a safer place for Powered Two Wheelers.

Some recent publications from national Member States show that a civil engineering handbook can be a practical instrument for improving road safety for PTWs. The ACEM “PTW-Safer Road Design in Europe” handbook has expanded this information on a European scale to further develop awareness.

Guidelines for all

“PTW-Safer Road Design in Europe” handbook provides road authorities, consultants, and contractors practical advice on how the different characteristics of motorcycling can be recognised and properly addressed in road infrastructure design and management. It sets out comprehensive guidance for road and traffic engineers as well as road safety policy officers on providing a safer transport environment for motorcycles, mopeds and scooters with little additional costs.

The “PTW-Safer Road Design in Europe” handbook covers:

- Integrating motorcycles into transport policies and strategies
- Road design
- Traffic engineering
- Road maintenance
- Traffic management
- Parking provision
- Road safety campaigns
- Elements for PTW road safety audits

Improving road safety, a shared responsibility

Road safety needs an integrated approach and infrastructure is one of the leads to reach the EU target of halving the number of road accident victims by 2010. In parallel with the EU Road Safety Action Programme, the Motorcycle Industry has pursued a broad approach to cover all areas of PTW safety:

- the EU Road Safety Charter (vehicle technology)
- the Initial Rider Training project (user behaviour)
- the European road design guidelines (infrastructure).

Improvements in road safety require “shared responsibility”. When making use of the recommendations of the handbook, road designers and traffic engineers will greatly contribute to the common target and make European roads a safer place for Powered Two Wheelers.

The Motorcycle Accident In-Depth Study (MAIDS, 2004)

An extensive in-depth study of motorcycle and moped accidents. It is the most actual and recent study of powered two wheeler accidents in Europe.

The MAIDS database provides striking information as regards to infrastructure:

- in 30% of all cases, road surfaces had defects;
- the environment is considered to be the primary accident-contributory factor in 7.7% of all cases;
- in 8% of the cases, environment was considered as a secondary contributing crash factor;
- particular roadway design defects were present in 6% of the cases;
- an additional 6% of the cases were reported to involve a hazardous traffic situation;
- in almost 10% of the cases, inappropriate road maintenance, design, road furniture or signs caused accidents;
- the presence of stationary objects that obstruct the view of the rider or driver, or road maintenance defects, were relatively common causes of PTW accidents.

The MAIDS database also indicates that the presence of stationary objects that obstruct the view of the rider or driver or road maintenance defects, were relatively common causes of PTW accidents.

The full report is available on <http://maids.acembike.org>.

How to get the Guidelines?

The handbook can be downloaded at the ACEM website www.acembike.org.

Résumé

Un potentiel élevé de minimisation des risques

Les Deux Roues Motorisées font partie intégrante du système de transport européen. Ils permettent une meilleure exploitation du réseau routier existant. En maintes circonstances ils offrent un moyen de transport efficace permettant un accès aisé aux villes et rues/artères encombrées. Cependant, en dépit de leurs avantages, les PTWs présentent des faiblesses au même titre que n'importe quel autre moyen de transport. Le nombre d'accidents, impliquant des PTWs représente un problème majeur. Des études convergentes, y compris celle de MAIDS nous permettent d'établir aujourd'hui qu'un nombre significatif d'accidents est dû à une infrastructure inappropriée.

L'utilisation routière des PTWs se différencie de nombreuses façons de celui des autres véhicules et leurs utilisateurs éprouvent des besoins différents. L'évaluation de la perspective routière, une bonne visibilité, un chemin dégagé et une bonne qualité anti-dérapante du revêtement routier en sont quelques exemples importants. Certes nécessaire pour tout usager de la route ils sont essentiels pour les PTWs.

De récentes publications parues en Belgique, France, Allemagne, Norvège, Hollande et en Grande Bretagne montrent qu'un manuel d'ingénierie civile constitue un outil très pratique afin d'améliorer la sécurité routière des PTWs parce qu'il mettrait en exergue les critères à considérer en cours de conception et de maintenance de l'infrastructure. L'attention de tous est d'autant plus accrue que l'ACEM a élargi l'information à l'échelle européenne.

Ce manuel expose les besoins spécifiques des motocyclistes et énumère les recommandations à l'usage des responsables des plans et de la maintenance des routes. Il comprend également des conseils et des exemples en provenance de l'Europe entière. L'évaluation de la perspective routière peut être atteinte grâce à une bonne conception de la route avec une signalisation routière adéquate et par une amélioration du contrôle du trafic, les motocyclistes seraient d'autant mieux informés.

En complément d'une bonne conception de la route et du contrôle du trafic deux aspects supplémentaires sont compris dans ce guide: l'établissement d'une évaluation formalisée et systématique des équipements routiers et des campagnes de sécurité routière ciblant les utilisateurs de PTWs, sont d'une importance vitale parmi les différentes initiatives concernant la sécurité routière des PTWs.

La sécurité routière requière une approche intégrée et l'infrastructure est un des moteurs permettant d'atteindre l'objectif européen de diminuer de moitié le nombre de victimes d'ici 2010.

Parallèlement au programme européen, Safety Action, l'industrie motocycliste poursuit une vaste démarche afin d'examiner toutes les facettes concernant la sécurité des PTWs, la Charte de la Sécurité Routière Européenne (la technologie mécanique), le Formation du Motocycliste (comportement de l'utilisateur) et aujourd'hui, Les Recommandations pour la conception des routes européennes (infrastructure).

L'amélioration de la sécurité routière est une "responsabilité partagée". En appliquant ces conseils, les concepteurs des routes et les responsables du trafic contribueront largement à cette tâche commune qu'est la sécurité des routes européennes pour les deux roues motorisées.

**Praktische Umsetzung eines Strategieplans
für mehr Motorradsicherheit**

Motorcycle strategic planning: putting theory into practice

**Mise in pratique d'un plan stratégique
pour améliorer la sécurité pour les motos**

Liz de Rome

LdeR Consulting for the Motorcycle Council of NSW (MCC)

Australia

Kurzfassung

2001 begann der MCC (Motorcycle Council of New South Wales) die Entwicklung eines Strategiepapiers für Motorradsicherheit. Das war möglicherweise das erste Mal, dass sich eine Gruppe von Verkehrsteilnehmern an eine Planung für ihre eigenen Sicherheitsbelange machte. Zu dieser Zeit stieg die Zahl der Motorradunfälle in Australien an, aber von Seiten der Regierung wurden außer restriktiven Strafmaßnahmen keine Anstrengungen unternommen, Ursachen und Lösungen zu finden. Fünf Jahre danach findet sich eine beeindruckende Liste von Maßnahmen, die mit dieser strategischen Planung verbunden sind. Zusätzlich zu Motorradsicherheitsprojekten und Forschungen hat diese Entwicklung zu einer produktiveren Verbindung zwischen anderen Verkehrssicherheits-Interessengruppen und der Gemeinschaft der Motorradfahrer.

Dieser Beitrag zeigt die Methode auf, ein Strategiepapier zur Steigerung der Verkehrssicherheit von Motorradfahrern zu entwickeln. Er zeigt, wie die verschiedenen Sichtweisen von Regierungsbehörden und Motorradfahrern zur Verbesserung der Verkehrssicherheit zusammengebracht werden können. Unsere Lernerfahrungen bei diesem Prozess werden dargelegt – und die Art und Weise, wie sie für die Weiterentwicklung des Strategiepapiers von 2006 bis 2010 genutzt werden.

Hintergrund

2001 war klar ersichtlich, dass Australiens Situation in Sachen Motorradsicherheit in erheblichen Kontrast zur „allgemeinen Verkehrssicherheit“ stand. Australien stand an neuntbesten Stelle auf der Rangliste „Verkehrssicherheit“ von 27 OECD-Ländern, aber an neuntschlechtesten Stelle bezüglich der Motorradsicherheit. Die Zahl der bei Motorradunfällen tödlich Verunglückten war doppelt so hoch wie der Durchschnitt der OECD-Länder (6,2 gegenüber 3,6 pro 10.000 zugelassene Motorräder). Hingegen lag die Zahl aller Verkehrsoffer Australiens unter dem OECD-Durchschnitt (1,4 gegenüber 1,8 pro 10.000 zugelassene Fahrzeuge).

Die aktuelle Unfallrate von Motorrädern war der von Autos vergleichbar (272.1 geg. 272.9 pro 10.000 zugel. Fahrzeuge), aber die Wahrscheinlichkeit eines tödlichen Unfalls für Motorradfahrer lag 4-fach höher (7.9 geg. 1.9), die eines Unfalls mit Verletzungen doppelt so hoch (236.3 geg. 101.1). Trotz solcher Zahlen wurden Motorradfahrer selten Ziel von Programmen zur Steigerung der Verkehrssicherheit unterschiedlichster Organisationen. Üblicherweise wurde angenommen, dass Motorradfahrer durch die normalen Verkehrssicherheitsprogrammen miterfasst werden. 2001 herrschte aber großer Druck, die Verkehrssicherheit für Motorradfahrer zu verbessern.

Abstract

In 2001, the MCC, a volunteer body representing riders in NSW, undertook the development of a motorcycle safety strategic plan. This was possibly the first instance of a road user group applying strategic planning methods to address their own safety issues. At the time motorcycle casualties in Australia were rising, but there was little government investment in identifying causes or solutions beyond enforcement. Five years later there is an impressive list of achievements which are linked to the strategic plan. In addition to motorcycle safety projects and research, the process has also resulted in more productive relationships between other road safety stakeholders and the motorcycling community.

This report provides a practical illustration of the methodology involved in developing a motorcycle safety strategic plan. It demonstrates how the different perspectives of government agencies and the rider community can be brought together to find the optimal approach to improving motorcycle safety. Discussion will include focus on what we learned from the process and how it has been applied to the development of a new plan in 2006 for the period to 2010.

Résumé

En 2001 MCC (Motorcycle Council of New South Wales) commença l'élaboration d'un papier stratégique soutenant la sécurité des motocyclistes. C'était peut-être la première fois qu'un groupe d'usagers de la route s'engagea pour ses intérêts de sécurité. A l'époque le nombre des accidents de motos augmenta mais du côté du gouvernement on n'a pas pris aucun effort de trouver les raisons où des solutions pour ce problème – sauf des mesures de pénalisation. Cinq ans plus tard on a conçu une liste de mesures très impressionante qui est liée à ce papier stratégique. Hors des projets divers soutenant la sécurité des motocyclistes et la recherche scientifique ce développement a contribué à améliorer le contact entre le groupe d'autres usagers de la route et la communauté des motocyclistes.

Le report s'occupe donc de la méthode de développer un plan stratégique pour améliorer la sécurité des motocyclistes. On va expliquer comment on peut assembler et réunir les points de vues du côté du gouvernement et de la part des motocyclistes pour améliorer la sécurité routière. Et on va parler de nos expériences pendant ce processus et de leurs bénéfices pour établir un plan stratégique pour les années 2006 à 2010.

Motorcycle strategic planning: putting theory into practice

Background

In 2001 it was apparent that Australia's record for motorcycle safety stood in stark contrast to our general record in road safety. Australia ranked 9th best for road safety amongst 27 OECD nations, but 9th worst for motorcycle safety. Motorcycle fatalities were almost double the median for OECD nations (6.2 vs 3.6 per 10,000 registered vehicles).¹ By contrast Australia's fatality record for all road users was better than the OECD median (1.4 vs 1.8 per 10,000 registered vehicles).²

The actual crash involvement rate for motorcycles was comparable to that of cars (272.1 vs 272.9 per 10,000 registered vehicles), but motorcyclists were four times more likely to be involved in a fatal crash (7.9 vs 1.9) and more than twice as likely to be involved in an injury crash (236.3 vs 101.1).³

Despite such figures, motorcyclists had rarely been singled out by road safety agencies for targeted road safety programs. It was generally assumed that motorcyclists were covered under general road safety campaigns directed at all motorists. However by 2001 there was increasing pressure to revise the approach to motorcycle safety in Australia.

There was a resurgence of interest in motorcycling with a greater than 60% increase in new motorcycle registrations between 1995 and 2000.⁴ There had also been a significant change in the age profile of motorcyclists. The number of motorcycles registered to people aged over 40 had increased by 57% since 1995 whereas those registered to people aged under 25 had decreased by 33%.⁵ The changing demographic was also reflected in the membership of motorcycle clubs and their peak bodies became more active in lobbying for motorcycle safety. A similar resurgence of interest in motorcycling and corresponding concern for motorcycle safety was also being observed in Europe and the USA.

In 1999, the Motorcycle Safety Foundation (MSF) and the National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) in the USA published the *National Agenda for Motorcycle Safety*.⁶ The *National Agenda* was a strategic framework, which essentially set the agenda by identifying issues and recommending actions. Perhaps the most important aspect of the *National Agenda* was that it was a partnership between a road authority and representatives of the motorcycle community and was based on acceptance of different views.

¹ ATSB (2004)

² ATSB (2003)

³ RTA (2001a)

⁴ RTA (2001a)

⁵ RTA (2001b)

⁶ MSF (1999)

In 2001, the European Union released a report reviewing statistical information on the use and safety of mopeds and motorcycles in Western European countries. The report reviewed the literature on safety problems and countermeasures including a discussion of relevant legislation.⁷ In Britain, the Royal Society for the Prevention of Accidents (RoSPA) also undertook a review of motorcycle crash risk and issued a position paper on motorcycling safety.⁸

Motorcycle safety in New South Wales (NSW)

The Motorcycle Council of NSW (MCC) has been the peak body representing riders in NSW since 1982. Membership is free and open to all recognised motorcycle clubs and ride groups but not to individual members. Each member club has two delegates on the Council and may place issues on the agenda for consideration. Decisions as to which issues are to be taken up for action by the MCC, is determined by vote. The MCC relies on volunteer work by members for all of its activities including fund raising.

The MCC was initially established to provide a single voice to represent the interests of motorcyclists on the State Government's Motorcycle Consultative Committee. The Committee, which meets bi-annually, comprises representatives of the MCC and the Road and Traffic Authority (RTA). Representatives of the Minister for Roads and of the state and federal motorcycle industry associations also attended the meetings as observers.

In 2000, after almost two decades of such consultations, the incoming executive of the MCC reviewed their position. They felt that their attendance at the Consultative Committee was a waste of time. They had resorted to producing their own motorcycle safety television advertisements in frustration because they had been unable to persuade the government to provide such programs. This situation was not unique to NSW, at that time there was little recognition anywhere in Australia of motorcyclists' special needs in terms of the road environment, transport planning and facilities or road user education. The prevailing wisdom amongst road safety professionals was that speed was the key factor in motorcycle crashes and most countermeasures were focused on either rider training or enforcement.

The MCC Executive sought professional help from road safety planning consultants, LdeR Consulting. Although the MCC was an effective lobby group at the political level, they were less successful at influencing decisions at the policy development level. It was apparent that, despite the years of involvement in the State Motorcycle Consultative Committee, the MCC were not equal partners in the debate.

⁷ Noordzij et al (2001)

⁸ RoSPA (2001)

As a volunteer run organisation:

- They were disadvantaged by a lack of access to information and a lack of understanding of the structure within which the debate took place.
- Their attempts to raise issues were hampered by reliance on anecdotal experience, rumour and occasionally misinformation.
- They did not have the professional resources to research issues or prepare submissions and policy documents.
- They did not have access to the unpublished information from government commissioned reports that was available to those working within the road safety agencies.

Their expectations of the consultation process were constantly disappointed resulting in frustration and disillusionment. When frustrations built up, the MCC would side step the Committee and lobby the Minister directly. This created further tensions and loss of trust with the departmental officers on the Committee. The MCC did not understand, nor was it made explicit, that the Consultative Committee was simply a forum for the exchange of information. It was not vested with any power to set the agenda nor to direct the policy development process. The outcome was a failure of communications and understanding on both sides.

A strategic approach

The consultants proposed that the MCC needed to take a strategic approach to the whole area of motorcycle safety. It was suggested they approach the Motor Accidents Authority of NSW (MAA), who agreed to provide a grant to fund the development of a motorcycle road safety strategic plan.⁹

The aim was to enable the MCC:

1. To become informed participants in the motorcycle safety debate.
2. To take part in setting the agenda and driving issues pro-actively on behalf of motorcyclists rather than simply reacting to government policy decisions.

⁹ The MAA is the regulator of the Compulsory Third Party (CTP) injury insurance scheme in NSW. The MAA aims to contribute to the reduction of road crashes involving serious and high incidence injuries and subsequent costs to the CTP scheme.

The objectives of the strategic planning process were to:

- Identify the key safety issues for motorcyclists in NSW
- Determine priorities and establish objectives for the MCC and other stakeholders
- Identify strategies for addressing those issues
- Develop stakeholder support and participation in improving motorcycle safety
- Establish a base for coordinated, long term planning for motorcycle safety.

The strategic planning process involved:

Stage 1 Research

The analysis of data on motorcycle crashes in NSW in order to develop a better understanding of the types, causes and associated factors.

A review of the research literature relating to motorcycle safety in order to identify motorcycle injury prevention initiatives from around the world, and to determine future directions for NSW.

Stage 2 Consultation

A series of in-depth interviews with a wide range of people working in motorcycle and road safety related organisations to obtain their views on the key motorcycle safety issues and their ideas for addressing them.

Stage 3 Survey of riders

A survey of motorcyclists to obtain information for use in designing and delivering motorcycle safety information. The survey also sought information in relation to a number of issues that had been raised in the stakeholder interviews.¹⁰

Stage 4 Planning workshop

A one-day workshop to bring all the motorcycle and road safety stakeholders together to discuss the findings of the previous three stages. The process involved debating and negotiating the priorities, objectives and strategies for the MCC for the next 3 years.

¹⁰ de Rome et al (2002a)

Stakeholder interviews (Stage 2)

The major sources of information and ideas for the strategic plan were the road safety experts and other key stakeholders in motorcycling. In-depth one-to-one interviews were conducted with representatives of each stakeholder group to obtain their views on the road safety issues confronting motorcyclists and their ideas for addressing these issues.

Stakeholders included the road authorities, police, rider trainers, road and traffic engineers, forensic engineers, road safety researchers and representatives of the motorcycle industry and motorcycle media. Where possible, motorcyclists were chosen in preference to non-motorcyclists for interview, as it was assumed they would be able to provide the dual perspectives as professionals and as motorcyclists. However, it was also recognized that non-motorcyclists could also provide important insights into current practices and policy decisions. Fifteen of the twenty four people interviewed were motorcyclists (see Table 1).

Table 1: Stakeholder representatives who were interviewed

	Motorcyclist	Non-motorcyclist
Australian Transport Safety Bureau (ATSB)		1
Rider Trainers (2 companies)	2	
Consultant Road Safety/ Forensic Engineers	1	2
Federal Chamber of Automotive Industries (FCAI)	1	
Local Council Engineer	1	
Local Council Road Safety Officer		1
Motor Traders Association (MTA)	1	
Motorcycle media	1	
NSW Ambulance Service	1	
NSW Police Service	4	
Roads and Traffic Authority (RTA)	2	3
University road safety researchers	1	2
Total	15	9

The outcomes of the interviews

The interviewees provided important insights into how motorcycle safety issues could be addressed from within their particular operating context. Each stakeholder was asked how their organization or industry could contribute to improving the safety of motorcyclists.

For example, police motorcyclists discussed the crash investigation and reporting process and made suggestions for changes to improve understanding of the causes of motorcycle crashes. Discussion with road engineers centred on the need to educate roads engineers to better understand the vulnerability of motorcycles particularly in relation to sudden changes in road surface conditions. The interviews were also a two way process, with the interviewer providing information and sometimes even lobbying stakeholders to raise their awareness about motorcycle safety issues.

For example, the NSW Streets Opening Conference is a group representing the road authorities and the utilities including telephone, water, sewer, gas and electricity. The function of the Conference is to determine the terms and conditions under which the road authorities will permit utilities to dig up roads to gain access to their underground services. It is the utilities who are most frequently responsible for the changes to the road surface that create hazards for motorcyclists (e.g. steel plate covers and trenches or raised sections of road). The interview process drew this to the attention of the members of the Streets Opening Conference, who had not previously considered the safety of motorcyclists in the terms and conditions for streets opening permits.

A number of issues raised in the interviews revealed a division of opinion between motorcyclists and non-motorcyclists.

These issues included:

- The way the NSW crash data recording system assesses factors contributing to motorcycle crashes with particular reference to speed and road condition.
- The contribution of road design, surface conditions and road furniture to motorcycle crashes and injury.
- Motorcyclists' attitudes to personal safety (e.g. speed, risk taking, use of protective clothing etc.)
- Motorcyclists externalising responsibility
- The content of novice rider licensing programs and the provision post-licence rider training.
- The crash risk of older and returning riders.

Essentially the differences of opinion appeared to reflect differing perceptions and approaches to risk by motorcyclists and road safety professionals. Those stakeholders who were not motorcyclists, tended to focus on rider behaviour as the key issue to be addressed. Their major concerns were in relation to rider attitudes to risk and excessive speed. Motorcyclists' complaints about other drivers and road condition tended to be dismissed as evidence of riders externalising responsibility for crashes.

Those stakeholders, who were also motorcyclists, did tend to focus on the behaviour of other drivers and the contribution of road condition. The latter was a major area of concern, exacerbated by the perception that the road authority's crash data analysis in NSW failed to recognise the contribution of road conditions to motorcycle crashes. The motorcyclists tended to consider crashes, in which the rider was at fault, to be the exception rather than the rule, and ascribed to a highly visible minority of inexperienced and/ or reckless riders. It is worth noting that these motorcyclist stakeholders were all aged over 40 and had at least 20 years riding experience so they were not representative of the average rider in crashes. However, while they may not have identified with the behaviour of reckless riders personally, this group included police, ambulance and others with a direct exposure to road crash incidents through their work. An examination of motorcycle crash statistics for NSW provides some support for these motorcyclists' views (see Table 2).

Other issues raised by the motorcyclists related to the provision and quality control of rider training and the lack of reliable information about safety issues and protective clothing and equipment.

Table 2: Summary of information about motorcycle crashes in NSW, 2000.¹¹

1	The other driver is responsible in more than two out of every three crashes (68%) between a motorcycle and another vehicle. In intersection crashes, the other driver was responsible in 74% or almost 3 out of every 4 collisions.
2	The role of road surface condition is not reliably recorded in police crash records, however in a case control study, Haworth (1999) reported surface features likely to impair traction at the site of 53% of motorcycle crashes and directly contributed to 15% of crashes. ¹²
3	Older riders aged forty or over do have a much lower rate of crashes than riders aged under twenty six (140 vs 905 crashes per 10,000 registered motorcycles). Riders under the age 26 owned 10% of registered motorcycles in NSW, but accounted for 33% of the riders involved in reported crashes and 37% of riders in fatal crashes.

¹¹ Unless otherwise indicated, the data in Figure 2 is based on NSW crash statistics for 2000

¹² Haworth N. (1999)

4	A review of national statistics showed that the fatality rate for lawful motorcyclists is reduced by 53% when unlawful (unlicensed and or alcohol affected) riders are removed from the data. ¹³
5	<p>Unlicensed riders were over-represented in all forms of unlawful rider behaviour and associated crashes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unlicensed riders comprised 8% of riders involved in crashes but 18% of motorcycle rider fatalities in NSW. The majority (61%) were under 26 years of age. • Unlicensed riders comprised 37% of all riders with an illegal alcohol level who were involved in a crash in NSW. In addition, twenty-five percent of unlicensed rider crashes were alcohol related compared to 3% of crashes involving lawful riders. • Over one third (36%) of crashes involving unlicensed riders involved speed compared with 22% of crashes involving lawful riders. • Almost half (46%) of riders who crashed while not wearing a helmet, were also unlicensed at the time.

Given the high risk of severe injury in motorcycle crashes, it is perhaps not surprising that a road safety professional, whose work is essentially concerned with identifying and countering risk, would view motorcycling as a form of transport to be avoided. Where as motorcyclists, having made a choice to ride, are more likely to think in terms of identifying and managing the risks.

Similar differences in the assessment of motorcycling risks have previously been identified by Bellaby and Lawrenson, (2001).¹⁴ They argued that such different approaches to risk need to be reconciled if motorcycle safety is to be addressed effectively. The challenge of the strategic planning process was to try to establish dialogue between motorcyclists and road safety professionals and to promote acceptance of each other's position.

Consolidation

As noted earlier, a key objective was to enable the MCC to become more informed partners in the motorcycle safety debate. A significant feature of the planning process was the development of the members of the MCC. The outcomes of each stage of the research were presented for discussion at

¹³ ATSB (1999)

¹⁴ Bellaby, P. & D. Lawrenson (2001)

meetings of a working party, made up of representatives of different clubs within the MCC network. The aim was for them to be able to make informed decisions about motorcycle safety issues and to work effectively with road safety agencies in order to achieve the implementation of appropriate countermeasures. The intention was, that through regular reporting back to their own club members, this information could spread to many more motorcyclists.

The data analysis and the interviews with stakeholders identified a number of key issues including those upon which motorcyclists and non-motorcyclists differed. These issues became the focus of a survey of some 800 motorcyclists in addition to indicating further avenues of literature research and discussion.¹⁵ The final outcome of the first three stages was a list of 85 issues and 128 strategies. The issues were subsequently distilled by the MCC Working Party into 27 core issues for discussion at the stakeholders planning workshop. The list of strategies was also extended with ideas from the Working Party members.

Development

The stakeholders' workshop was attended by all the key stakeholders who had taken part in the interview program. They included representatives of the road authority, police, ambulance, local government, rider training organisations, the motorcycle industry and road safety researchers.

For most of those present, the workshop was the first time they had met such an array of people from very different walks of life but who shared an interest in motorcycle safety.

The process had already revealed a number of important gaps of understanding between motorcyclists and the non-motorcyclists. At the workshop, the presence of people who shared both perspectives was very important in mediating opposing views. The workshop went some way to resolving some of these points and it opened the way for constructive dialogue into the future.

The product of the workshop was a first draft of the strategic plan for the MCC. Called *Positioned for Safety*, the plan set priorities, defined 10 objectives and described 91 strategies for achieving them. Five hundred copies of the plan were printed and distributed to key stakeholder agencies in June 2002. Demand for copies of *Positioned for Safety* nationally and internationally far exceeded expectations. Over 8,000 copies have been downloaded through the MCC motorcycle safety and other web sites.¹⁶

¹⁵ de Rome et al (2002a)

¹⁶ de Rome et al (2002b)

Outcomes

An independent evaluation, funded by the MAA in 2005, found that *Positioned for Safety* has achieved considerable success in the three years since its release. Three quarters of the ninety one strategies had been implemented and achieved tangible outcomes.¹⁷ This is an impressive achievement for a community organisation funded and staffed entirely by volunteers. The ongoing support of the MAA has been central to this success, by providing further project grants to fund the implementation of some of the strategies by other stakeholders and road safety professionals. A summary of the key achievements is provided in the appendix.

Outcomes include:

Improved communications and relations with the RTA have resulted in a more effective two way flow of information and consultation on motorcycle issues.

Reliable data on motorcycle crashes is now available and provides a credible basis for the MCC to develop positions and prepare submissions for effective input to policy.

Attitude change on both sides. Improved communications have led to an improved understanding of motorcycle safety issues by government agencies. The MCC have gained a better understanding of government process and division of responsibilities.

Reconciliation and recognition of shared objectives for motorcycle safety. This has enabled open discussion and acceptance of each others' position. Discussion is no longer polarised as both sides are now able to acknowledge the range of factors contributing to motorcycle crashes including rider behaviour, other drivers and the road environment.

Direction and a framework for activity has been established for the MCC. Issues are no longer raised on an ad hoc basis. The MCC is now setting their agenda for change with priorities determined with clear objectives for the next five years.

Direction and a framework for activity has also been provided for other stakeholders, who are able to link their initiatives to the objectives of *Positioned for Safety*.

Raised awareness of motorcycle safety in agencies, which had not previously identified a role in motorcycle safety. For example the Motor Accidents Authority of NSW, National Roads and Motor-

¹⁷ Riches, D. (2005)

ists Association, Institute of Public Works Engineering Australia, The NSW Institute of Trauma and Injury Management and the Australasian College of Road Safety have all undertaken motorcycle safety activities since 2002.

Raised awareness of motorcycle safety issues by Local Government. One of the most far reaching outcomes has been the increased level of motorcycle safety activity in Local Government. Prior to *Positioned for Safety*, surveys of local council road safety activities over the period from 1993 to 1999 listed some 1,500 projects, none of which were directed towards motorcycle safety.^{18, 19}

In 2005, a survey conducted as a part of the evaluation of *Positioned for Safety*, found a high level of motorcycle safety awareness and activity.²⁰ Two thirds of the councils (69 of 104) responded to the survey. Of these, almost all 98% stated that they were aware of *Positioned for Safety*; 60% included motorcycle safety in their strategic or annual road safety plans and 73% were able to cite specific motorcycle safety projects.

Impact in the motorcycle community

A repeat of the 2001 survey of motorcyclists, conducted in 2006, has found evidence to suggest that the increased publicity about motorcycle safety has registered with riders. A higher proportion of respondents in 2006 (76% vs 68%), could recall a motorcycle safety message that made them pay attention. In addition, where as in the 2001 survey, motorcycle magazines and rider trainers had been the source of over half (59%) of the safety messages, a far wider range of sources was reported in 2006. In particular, there appears to have been a general increase in safety dialogue amongst riders with 21% citing other riders as the sources of the most memorable safety message that they had heard, compared to only 4% in 2001.²¹

Conclusions

Positioned for Safety represented a watershed at its release in June 2002. It has become evident that the process was as important as the product both for the motorcyclists and for many of the agencies involved. It created new networks by introducing the range of stakeholders to each other. It has enabled the road safety agencies and motorcyclists to develop a better understanding and appreciation of

¹⁸ RTA (1998)

¹⁹ RTA (1999)

²⁰ Riches, D. (2005)

²¹ de Rome et al (2006)

each others' perspectives. These interactions have led to synergy with enhanced understanding and gains on all sides.

The members of the MCC have developed a better understanding of motorcycle safety issues within the policy development system. As a result they are a more informed and effective lobby group and are finally recognised as the peak body representing motorcyclists in the State. However, the process has also stretched the limits of the MCC as a volunteer run organisation and ongoing success is largely dependent on the involvement of a small number of dedicated individuals. A new strategic plan being developed in 2006 is taking account of this limitation and attempting to build sustainability into the system.

Appendix A – New initiatives since 2002

While the MCC do not claim direct responsibility for all of the initiatives described below, it is significant that since 2002 there has been a raised level of awareness and activity associated with motorcycle safety in NSW.

Roads and Traffic Authority of NSW (RTA)

- Developed a *Motorcyclists and Pedal Cyclist Safety Action Plan*
- Commissioned motorcycle road safety audits of popular motorcycle routes.
- Committed to major road works programs to reduce the crash risks on two key motorcycle routes.
- Developed a system of advisory warning signs that are specific to motorcycle hazards.
- Produced the State's first motorcycle safety advertising campaign.
- Provides annual access to data on motorcycle crashes for publication on the MCC road safety web site.
- Provides links to the MCC road safety web site on the RTA corporate website.
- Includes motorcycle awareness as a part of the general road safety messages on variable message boards.
- Includes motorcycling awareness brochures with drivers' registration renewals.
- Developed a technical specification for the slip resistance of metal sheet road covers.
- Developed a technical direction on motorcycle parking for traffic and transport engineers.
- Developed a pocket guide for riders on safe riding practices.
- Funded the printing and distribution of MCC developed brochures on safe practices for group riders.

Motor Accidents Authority of NSW (MAA)

- Funded a range of research projects into motorcycle safety.
- Funded the research and development of a web based guide on motorcycle protective clothing.
- Funded an industry seminar to promote awareness of issues associated with motorcycle protective clothing and the availability of the European Standards.
- Funded an independent evaluation of the implementation of *Positioned for Safety*.
- Funded the development of a second motorcycle safety strategic plan to follow on from *Positioned for Safety*.

National Roads and Motorists Association (NRMA)

- Provides an annual grant to develop the MCC road safety web site to communicate the road safety strategic plan to motorcyclists and road safety stakeholders.
www.roadsafety.mccofnsw.org.au
- Coordinated and funded an international speaker to address a Motorcycle Safety Research Seminar.
- Developed a policy position on motorcycle safety.
- Includes motorcycle safety articles in the members' magazine and website.
- Developing an ITS motorcycle safety and security device which involves accident crash or theft notification.

Institute of Public Works Engineering Australia (IPWEA)

- Includes motorcycle safety as a consideration in the terms of agreement for utilities and others seeking to excavate and restore roads surfaces.
- Provides grants to local councils for motorcycle safety projects under the Local Government Road Safety Program.

Australasian College of Road Safety (ACRS)

- Held a seminar on motorcycle safety issues
- Published articles on motorcycle safety in its journal.
- Declared a policy position of support for motorcyclists to be considered as a distinct road user group.

Media

- The MCC was awarded the ALLMOTO internet motorcycle magazine award for their contribution to motorcycling safety through the strategic plan.
- The general news media now contact the MCC for comments about motorcycle related news items.
- The MCC has been able to raise the level of discussion of safety issues in the motorcycle media, by being able to provide factual information based on current crash data.
- The MCC has been successful in engaging the involvement of motorcycle journalists in motorcycle safety projects
- There has been an increase in the number of safety related articles in motorcycle magazines.
- There have been a number of positive stories about motorcyclists in the general media.

Motorcycle Community

The development of the strategy has also:

- Resulted in a number of projects where motorcyclist worked with their Local Councils to improve safety on key motorcycle tourism routes.²²
- Provided a role model for motorcycle groups in other states.
- Resulted in the MCC being asked to represent motorcyclists on the National Road Safety Strategy Panel.
- Encouraged motorcycle groups to establish their own local safety groups.

²² de Rome & Wood (2003)

References

ATSB (1999), *Road Risk for sober, licensed motorcyclists*, **Monograph 27** Australian Transport Safety Bureau, Canberra.

ATSB (2003), **International Road Safety Comparisons, The 2001 Report**, Australian Transport Safety Bureau, Canberra.

ATSB (2004), **International Motorcycle Safety Update**, Compiled by the Australian Transport Safety Bureau using data from the International Road Crash Database, January 2004, Canberra.

Bellaby, P. & D. Lawrenson (2001) *Approaches to the risk of riding motorcycles: reflections on the problem of reconciling statistical risk assessment and motorcyclists' own reasons for riding*. **The Sociological Review**, Published by Blackwell Publishers, 108 Cowley Road, Oxford OX4 1JF, United Kingdom and 350 Main Street, Malden, MA, 02148 USA.

de Rome, L., Stanford, G. & Wood, B (2002a) **MCC Survey of Motorcyclists, 2001**, Motorcycle Council of NSW, Inc. 15 Huddleston Street, Colyton, NSW 2760 www.roadsafety.mccofnsw.org.au/a/63.html

de Rome, L., & Stanford, G. (2002b) **Positioned for Safety: The Motorcycle Council of NSW Road Safety Strategic Plan (2002-2005)**, Motorcycle Council of NSW, Inc. 15 Huddleston Street, Colyton, NSW 2760 Australia, www.roadsafety.mccofnsw.org.au

de Rome, L & Wood, B (2003), **A strategic approach to motorcycle road safety: Two years on**, Proceedings of the Road Safety Research, Policing and Education Conference, Sydney. www.rsconference.com

de Rome, L., Stanford, G. & Wood, B. (2004), **Survey of motorcyclists and their safety initiatives**, Proceedings of the Road Safety Research, Policing and Education Conference, Perth. www.rsconference.com

de Rome, Rome, L., Stanford, G. & Wood, B (2006) **A survey of motorcyclists and their safety initiatives in 2006 compared to 2001**, Proceedings of the Road Safety Research, Policing and Education Conference, Brisbane. www.rsconference.com

Haworth N. (1999) **Road Factors in Motorcycle Crashes**, Monash University Accident Research Centre, Presentation to the Victorian Motorcycle Advisory Council Workshop on Motorcycling and the Road Environment held at VicRoads, Kew, 8 June 1999.

MSF (1999), **National Agenda for Motorcycle Safety**, Motorcycle Safety Foundation of America, Irvine.

Noordzij, P.C. (SWOV), Foreke, E.(IFZ), Brendicke, R. (IFZ) & Chinn, B.P. (TRL) (2001) **Integration of needs of moped and motorcycle riders into safety measures**. A report as part of the PROMISING Project for DG VII of EU.

Riches, D. (2005) **Evaluation of Positioned for Safety: Road Safety Strategic Plan 2002-2005**. prepared for the Motorcycle Council of NSW by Dave Riches & Associates Pty Ltd, Motorcycle Council of NSW, Inc. 15 Huddleston Street, Colyton, NSW 2760 Australia, www.roadsafety.mccofnsw.org.au

RoSPA (2001) **Motorcycling Safety Position Paper**. The Royal Society for the Prevention of Accidents, Birmingham, United Kingdom.

RTA (1998) **Working Together: An interim Activity Report on the Local Government Road Safety Program, Research Report RR 1/98** produced by Liz de Rome & Associates Pty Ltd for the Road Safety and Traffic Management Directorate, Road and Traffic Authority of NSW, Sydney.

RTA (1999) **Working Together No 2: Local Government Road Safety Program Activity Report, Research Report RR 2/99** produced by ARTD Management and Research Consultants for the Road Safety and Traffic Management Directorate, Road and Traffic Authority of NSW, Sydney.

RTA (2001a), **RTA Road Traffic Accidents in New South Wales Statistical Statement: Year ended 31 December 2000**, Roads and Traffic Authority of NSW, Sydney.

RTA (2001b), **Analysis provided from the RTA Traffic Accidents Database System by the Road Safety and Traffic Management Directorate**, Roads and Traffic Authority of NSW, Sydney.