



INSTITUT FÜR ZWEIRADSICHERHEIT e.V.

ifz

Nr. 9

**Sicherheit
Umwelt
Zukunft III**

Tagungsband der
3. internationalen
Motorradkonferenz 2000

**Herausgeber
Institut für Zweiradsicherheit**

Institut für
Zweiradsicherheit e.V.
Essen

ISSN 2701-522X

Forschungshefte
Zweiradsicherheit
herausgegeben
von Reiner Brendicke



INSTITUT FÜR ZWEIRADSICHERHEIT e.V.

ifz

No. 9

**Safety
Environment
Future III**

Proceedings of the
2000 International
Motorcycle Conference

**edited by
Institute for Motorcycle Safety**

Institute for
Motorcycle Safety e.V.
IfZ – Essen, Germany

IfZ-Research
Publication
series edited by
Reiner Brendicke

**Forschungshefte
Zweiradsicherheit,
herausgegeben
von Reiner Brendicke,
Institut für
Zweiradsicherheit e.V.**

**In der Reihe
„Forschungshefte
Zweiradsicherheit“
erscheinen
wissenschaftliche
Arbeiten zu Themen
aus verschiedenen
Bereichen der
Zweiradsicherheits-
forschung.
Die Reihe ist für alle
wissenschaftlichen
Disziplinen offen.
Manuskripte erbeten
an das Institut für
Zweiradsicherheit.**

**Die in dieser Reihe
erscheinenden
Arbeiten geben die
Meinung des Autors,
nicht in jedem Fall die
Meinung des Instituts
für Zweiradsicherheit
wieder.**

**Redaktion:
Elmar Forke
Manuskriptgestaltung:
Peter Bökamp**

**Druck:
B.o.s.s Druck und Medien, Kleve**

**1. Auflage
Institut für
Zweiradsicherheit e.V.
Essen 2000
Verlag: Institut
für Zweiradsicherheit
GmbH
Gladbecker Str. 425
45329 Essen
Tel.: 02 01/8 35 39-0
ISBN: 3-923994-14-1
ISSN: 0175-2626**

Inhalt/Contents

Vorwort des Herausgebers/Editors Preface 1

Unfallforschung/Accident Research

Frederico Galliano; Paul Caille; Nicolas M. Rogers
**Motorcycle Accident Investigation from theory to practice:
the MAIDS Experience** 7

*Motorradunfallstudie von der Theorie in die Praxis:
die MAIDS Erfahrungen*

Ulrich Schulz
**Zur Unfallverwicklung 16- und 17jähriger Leichtkraftradfahrer
und die motivationalen und einstellungsmäßigen Hintergründe** 35

*Accident Involvement of 16- and 17year old Riders of Lightweight
Motorcycles and the motivational and attitudinal Background*

Alexander Sporner; Thomas Kramlich
**Zusammenspiel von aktiver und passiver Sicherheit
bei Motorradkollisionen** 55

*Combination of Primary and Secondary Safety Aspects
within Motorcycle Collisions*

F. Alexander Berg; Heiko Bürkle; Markus Groer
**Reproduzierbarkeit von Motorrad-Crashtests am Beispiel
der Konfiguration 413 nach ISO 13232** 83

*Exemplary Investigation of the Repeatability of Motorcycle
Crash Tests (Configuration 413 according to ISO 13232)*

Fahrer/Rider

Reiner Brendicke; Elmar Forke

Entwicklung der Altersstruktur von Motorradfahrern in Deutschland zwischen 1985 und 1999 und Einflüsse auf die Verkehrssicherheit

105

Development of the Age Structure of Motorcyclists in Germany between 1985 and 1999 and the Influence on Motorcycle Safety

Hartmut Kerwien; Hubert Ruhdorfer

Subjektive Sicherheit bei Rennstreckentrainings für Motorradfahrer

129

Perceived Safety in Racetrack Training Courses for Motorcyclists

Horst Ecker; Achim Fischer; Kurt Vavryn; Martin Winkelbauer

Bremsbeherrschung von Motorradfahrern – Ergebnisse aus einem Großversuch

147

Braking Performance of Motorcyclists: Results of a reliable Test Procedure

Technologie und Sicherheit/Technology and Safety

D. Bortoluzzi; A. Doria; L. Fabbri; R. Lot

Experimental Investigation and Simulation of Motorcycle Turning Performance

175

Experimentelle Untersuchung und Simulation des Lenkvermögens von Motorrädern

J. Funke; B. Breuer; K. Landau

Ermittlung der Ankoppelungskräfte von Motorradfahrern – Ein Ansatz zur Untersuchung des Mensch-Maschine-Systems

195

Determination of connective Forces between Rider and Motorcycle – an Approach to Men-Machine-System Investigation

- Sean M. Maher
Intelligent Transportation Systems and Motorcycle Safety: A review of current Trends in the Development and Deployment of Intelligent Transportation Systems and Identification of Opportunities to enhance Motorcycle Safety 207
Intelligente Transportsysteme und Motorradsicherheit: Eine Besprechung der aktuellen Trends in der Entwicklung und Einführung intelligenter Transportsysteme und Identifikation von Möglichkeiten der Verbesserung der Motorradsicherheit
- M. Schmidt
Virtuelles Prototyping am realen Referenzsystem Motorrad-Fahrer-Straße 223
Virtual Prototyping on a real Reference System Motorcycle-Rider-Street
- Arnold Wagner
Langzeit-Bremssystem für Zweiradfahrzeuge 245
Longterm Brake System for Motorcycles
- Toshio Yamagiwa; Kengo Nakayama; Akiko Tanaka
Development of a Tyre Tube with Puncture Prevention Function for large Motorcycles 259
Entwicklung von Schläuchen zur Verhinderung von Luftdruckverlusten an Reifen für große Motorräder

Umwelt/Environment

- Jost Gail; Christoph Albus
Schadstoffemissionen geschwindigkeitsreduzierter Leichtkrafträder 275
Emission of harmful Substances by Low-Speed Light Motorcycles
- Shunji Akamatsu; Shuichi Ishida; Akira Hamauzu
Research of an Emission Reduction System for small Motorcycles 291
Forschung zur Verminderung der Emission bei kleinvolumigen Motorrädern

Rudolf Rijkeboer; Cornelis Havenith
Exhaust Pollution Abatement Technologies and the Requirements for a world-wide Motorcycle Emissions Test Cycle 313

Schadstoffverminderungstechnologien und Anforderungen an einen weltweiten Motorrad Emissionsprüfzyklus

Entwicklung/Development and Trends

Peter Sandl
„Durchschlängeln“ von Motorradfahrern 337

Motorcyclists driving between Lanes

V. Cossalter; G. Cocco; N. Ruffo; F. Biral; R. Berritta
Development of a Novel Three – Wheeled Vehicle 345

Entwicklung eines neuartigen dreirädrigen Fahrzeuges

Craig Carey-Clinch
SMART: Providing the Motorcycle Choice in local Transport Plans 367

SMART: Das Motorrad als ein Element in lokalen Verkehrsplänen

José Franqueira
Improving the Urban Use of Powered Two-Wheelers: The Organisation of Seminars for Municipalities 389

Innerstädtische Verbesserung der motorisierten Zweiradnutzung: Veranstaltung von Seminaren für Stadtverwaltungen

Markus Braunsperger; Siegfried Beulich; A. Wagner
Motorrad-Bremsregelsysteme der Zukunft 403

Motorcycle Brake-Control-Systems of the Future

Vorwort des Herausgebers

Die Nr. 9 der Reihe Forschungshefte des Instituts für Zweiradsicherheit faßt die Beiträge zur 3. internationalen Motorradkonferenz „Sicherheit – Umwelt – Zukunft“ zusammen. Ein Jahr vor seinem zwanzigjährigen Bestehen lud das IfZ Zweiradforscher aus 15 Nationen zum Gedankenaustausch nach München. Kooperationspartner war erneut die amerikanische Motorcycle Safety Foundation (MSF), die im Jahr 2001 ihre Schwesterveranstaltung in Florida durchführt.

Das Motto „Sicherheit – Umwelt – Zukunft“ macht den Anspruch der Konferenz mehr als deutlich, deckt die Veranstaltung doch das gesamte Zweiradforschungsspektrum ab.

Die Sektion Unfallforschung gibt einen Überblick aktueller Aktivitäten, die weltweit mithelfen sollen, den Trend zu sinkenden Unfallzahlen der Motorradfahrerinnen und Motorradfahrern auch in Zukunft weiter zu stabilisieren. Die Forschung kann helfen, Problemfelder zu identifizieren und Verbesserungsstrategien zu entwickeln. Multinationale Forschungsprojekte zeigen dabei den Weg auf, im partnerschaftlichen Miteinander der Staaten Erfahrungen zu nutzen und neue Erkenntnisse flächendeckend umzusetzen.

Im Systemdreieck „Fahrer – Fahrzeug – Straße“ stellt der Fahrer nach wie vor eine entscheidende Risikogröße dar, die letztendlich über das Sicherheitsniveau entscheidet. Eine Konferenzsektion widmet sich daher ausschließlich diesem Thema.

Die technische Weiterentwicklung des motorisierten Zweirades liefert Impulse nicht zuletzt auch für den sicheren Umgang mit dem Einspurfahrzeug. Die Gestaltung der Schnittstelle zwischen Fahrer und Fahrzeug hat großen Einfluß auf des Sicherheitsniveau bei dem Umgang mit dem Motorrad. Internationale Forschungsergebnisse liefern in der Technologiesektion Hinweise auf Innovationen und Perspektiven.

Umweltaspekte der Nutzung des motorisierten Zweirades rücken immer mehr in den Vordergrund der Diskussion. Moderne Technologien helfen, Umwelt, Freizeit und Mobilität harmonisch zu verbinden. Mobilität ist auch das Stichwort, das die zukünftige Entwicklung des Motorrades mit beeinflussen wird.

Immer mehr sind oder werden motorisierte Zweiräder in den Ballungszentren der Welt zur platzsparenden und kostenschonenden Alternative zum PKW. Das Motorrad benötigt jedoch eine entsprechende Infrastruktur, die ihm ermöglicht, seine konzeptionsbedingten Vorteile in der Praxis umzusetzen. Die Sektion Entwicklung beschäftigt sich intensiv mit diesen Fragestellungen und liefert einen internationalen Vergleich.

Das Institut für Zweiradsicherheit wurde bei der Vorbereitung und Durchführung der 3. internationalen Motorradkonferenz unterstützt vom Industrieverband Motorrad Deutschland e.V. (IVM) sowie der Messe München, so daß als Veranstaltungsort zum zweiten Mal die INTERMOT München ausgewählt werden konnte.

Wichtiges Gremium bei der fachlichen Vorbereitung war der wissenschaftliche Konferenzbeirat unter Leitung von Dr. Hubert Koch. Der Beirat als Gruppe erfahrener Motorradwissenschaftler wählte Beiträge für die Konferenz aus, die einen umfassenden Überblick des aktuellen status quo aller Aspekte des Motorradfahrens ermöglichen. Die erfolgreiche Durchführung der Veranstaltung wäre nicht möglich gewesen ohne die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Instituts für Zweiradsicherheit, die Ihre Tatkraft und Erfahrung in das Projekt eingebracht haben. Die Fäden der Veranstaltungsvorbereitung liefen zusammen bei IfZ Forschungsleiter Elmar Forke, dem als Verantwortlichen mein besonderer Dank für sein außergewöhnliches Engagement für die Konferenz gilt.

Die IfZ-Konferenz wird auch in Zukunft ein regelmäßiges Forum für den Austausch internationaler Forschungsergebnisse zum Thema Motorrad bleiben. Deshalb schon jetzt bis bald – spätestens bis zur 4. Internationalen IfZ Konferenz in München.

Reiner Brendicke
Leiter des Instituts für Zweiradsicherheit

Editor's Preface

The 9th research paper of the Institute for Motorcycle Safety is a compilation of the third international motorcycle conference "Safety – Environment – Future". It was one year before its 20th anniversary that the Institute for Motorcycle Safety invited scientists from 15 countries to Munich in order to exchange ideas on all relevant motorcycle matters. Again the conference was organised in close co-operation with the American Motorcycle Safety Foundation (MSF), which is planning to hold an affiliated conference in Florida in the year 2001.

The conference's slogan "Safety – Environment – Future" clearly shows the high standard of this event, on the occasion of which the large variety of all motorcycle relevant matters will be covered.

The section *Accident Research* will provide a survey on actual activities in this field, aiming at a world-wide stabilisation of the present downward trend of motorcycle accident numbers. Research work can help to identify problems and develop further improvements. Multinational research projects initiate international co-operation in order to profit from each other's experience and put them into effect.

Within the field "rider – vehicle – road" the motorcyclist him/herself still is the most important risk factor that determines the safety level in handling the motorcycle. This is why one conference section will concentrate on this topic.

The progress made in motorcycle technology provides further impulses, not only for the safe handling of single-track vehicles. The intersecting point between rider and vehicle to a large extent influences the safety level. In the technology section international research results thus offer information and hints on innovations and perspectives.

Environmental aspects in the use of powered two-wheelers become more and more important in the actual discussion. Modern technologies help to relate environmental, leisure-time and mobility aspects, the latter one being a keyword of the general future development of motorcycles.

Powered two-wheelers more and more become proper alternatives to cars, especially in crowded inner-city areas because they need both less space and costs in comparison to cars. However, motorcycles need a suitable infrastructure in order to fully realise these above mentioned advantages. The section *Development* extensively deals with questions in this field and provides international comparisons.

The 3rd international motorcycle conference of the Institute for Motorcycle Safety was supported by the German Motorcycle Industry Association (IVM) as well as by

the Messe München, so that for a second time the conference's site and frame is the INTERMOT Munich.

An important council working on technical preparations was the scientific steering committee under the chairmanship of Dr. Hubert Koch. This council, consisting of a group of experienced motorcycle experts, selected suitable contributions for the conference that enable a thorough survey of the actual status quo of all relevant motorcycle matters. And, last not least, a successful realisation of the conference wouldn't have been possible without the energy, experience, and hard work of all those who work for the Institute of Motorcycle Safety. Special thanks to Elmar Forke, the head of the institute's R&D department, for his extraordinary effort in pulling the strings of the whole preparatory work.

It remains to be said that for the time to come the IfZ conference will offer a regular forum for the exchange of international research work on all motorcycle matters.

See you soon – at the latest in two years for the 4. International IfZ Conference.

Reiner Brendicke
Director of the Institute for Motorcycle Safety

Unfallforschung
Accident Research

**Motorcycle Accident Investigation from theory to practice:
the MAIDS Experience**

***Motorradunfallstudie von der Theorie in die Praxis:
die MAIDS Erfahrungen***

Federico Galliano

ACEM European Motorcycle Manufacture Association – Bruxelles
Belgien

Paul Caille

Eresman – Toulouse
France

Nicholas Rogers

IMMA International Motorcycle Manufacture Association – Geneve
Switzerland

Abstract

The Motorcycle Accident In-Depth Study (MAIDS) is the first multi-national example of on-field application of the methodology developed by OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development).

The Motorcycle Industry in Europe, gathered in ACEM, is sponsoring this project in co-operation with the European Commission with the aim of providing scientifically based knowledge of motorcycle accidents in Europe, identifying risk factors and suggesting possible solutions.

In this effort, ACEM is co-operating with a wide range of stakeholders in 5 European countries: France, Germany, Italy, The Netherlands, and Spain.

Several practical problems arose in putting into practice the OECD methodology and in co-ordinating the work of 5 teams collecting the data. Moreover, the statistical analysis of the large quantity of data made available by the accident data collection requires a high degree of consistency.

This paper outlines the main features of the OECD methodology together with a presentation of the organisational and procedural solutions adopted by the MAIDS consortium.

Die eingehende Studie der Zweiradunfälle (MAIDS) ist das erste multi-nationale Beispiel der realen Anwendung der Methodik, die bei der OECD (Organisation für die Zusammenarbeit und Ökonomische Entwicklung) entwickelt wurde.

Die Motorradindustrie in Europa, vertreten von ACEM, finanziert dieses Projekt in Zusammenarbeit mit der Europäischen Kommission, um wissenschaftliche Kenntnisse über Zweiradunfälle in Europa zu erhalten und die Risikofaktoren zu identifizieren sowie mögliche Lösungen vorzuschlagen.

Dazu arbeitet ACEM zusammen mit mehreren Partnern in 5 europäischen Ländern: Frankreich, Deutschland, Italien, den Niederlanden und Spanien.

Mehrere Probleme entstanden bei der praktischen Anwendung der OECD Methodik und bei der Koordination der 5 Gruppen, welche die Daten erfassen. Weiter

erfordert die Analyse der Statistiken eine hohe Konsistenz, da eine große Anzahl von Daten zusammengeführt werden muß.

Hiermit beschreiben wir die prinzipiellen Elemente der OECD Methodik und geben eine Darstellung der organisatorischen Lösungen, die von dem MAIDS Konsortium angenommen wurden.

L'Etude en profondeur des Accidents de Motocycles (MAIDS) est le premier exemple multi-national de l'application réelle de la méthodologie développée par l'OCDE (Organisation pour la Co-opération et le Développement Economique).

L'Industrie du Motocycle en Europe, représentée par l'ACEM, finance de project en co-operation avec la Commission Européen dans le but de fournir une connaissance scientifique de l'accidentologie des motos en Europe, d'identifier le facteur des risques et de proposer des solutions potentielles.

Dans cet effort, ACEM travaille avec une panoplie de partenaires dans 5 pays européens: la France, l'Allemagne, l'Italie, les Pays-Bas et l'Espagne.

Plusieurs problèmes pratiques s'annoncèrent en mettant en pratique la méthodologie de l'OCDE et dans la co-ordination des 5 équipes qui collectent les données. De plus, l'analyse des statistiques de la grande quantité des données qui seront collectées exige un degré élevé de cohérence.

Ce papier décrit les éléments principaux de la méthodologie de l'OCDE avec la présentation des solutions pour l'organisation et les procédures adoptées par le consortium MAIDS.

PREFACE

Using Powered Two-Wheelers in Europe

In Europe, 80% of citizens live in urban areas and are daily confronted with the problem of commuting from home to office, to school, to shopping and backward. What made rich and free our society is now creating the biggest problems.

Powered Two-Wheelers (PTWs) are vehicles, which are able to avoid this unsatisfying situation. They are flexible, require little space and can be operated at low costs. Nowadays 17 out of 100 families in Europe own a PTW, in most of the cases for leisure purposes. Although the PTW industry is able to improve the traffic situation, there are still a lot of concerns related to, especially about safety, pollution and noise.

The increasing role of PTWs in transport policy for sustainable mobility, particularly their potential benefits for environment, congestion and cost of urban transport segments, require solutions for PTWs riders fatalities in Western Europe, which – although declining by 25% from 1980–90, and by another 20% until 1995, still stood at 9446, giving PTWs the second highest risk of death per billion of km (after pedestrians). But actually, the European statistical coverage of motorcycle accidents is insufficient and not harmonised, and causation data and analysis of a full range of standardised parameters are lacking.

Improved motorcycle accident causation data are required for targeting remedial action by all stakeholders of the PTW transport mode:

- Transport and safety policy-makers;
- Safety promotion organisations and authorities;
- Rider licensing and rider education legislators;
- Road infrastructure planners;
- Traffic code legislators;
- Local and regional traffic management authorities;
- PTW Vehicle and component manufacturers;
- Auto and other accident collision opponent stakeholders;
- Insurance sector/health service.

Objectives of MAIDS

Based upon these facts, ACEM undertook in 1997 the development of a project dealing with in-depth studies of motorcycle accidents. This project called MAIDS aims to:

- Provide a harmonised system for the accident data collection and analysis, valid in all countries of the European Union.
- Carry interdisciplinary in-depth investigations of accident cases in a representative cross-section of European countries and regions through a network of specialised traffic research institutes in those member states.
- Include consistent data on PTWs' accidents in the CARE Database structure.
- Publish the results and ensure access to accident data for further research and application to safety enhancement.

The pillar of the project is the definition of a harmonised methodology for the investigation of motorcycle accidents. This should respect the characteristics of interdisciplinary, in-depth, on-site investigation, covering the three main accident causation factors (human behaviour, vehicle and environment).

To ensure a scientific validity, ACEM joined OECD RS 9 group, aimed to develop, at international level, a methodology concerning motorcycle accident investigation having the same characteristics as those considered by ACEM.

FUNDAMENTALS OF METHODOLOGY

Accidents and Concurrent Exposure

The methodology established by OECD has been developed according to the following principles:

1. Building an ACCIDENTS database, focusing on accidents involving two-wheels motorised vehicles, in which the rider and/or passenger have been injured, this database containing standard encoded values describing a large number of potential causality factors, as well as the precise specific causes of the accident, when they could be identified, and the consequences of the accident, in terms of severity of the injuries.
2. Building a CONCURRENT EXPOSURE database, in which the same data, which are collected in accidents cases and which are supposed to be potential causa-

lity factors, are gathered among a control population of riders and vehicles in the same catchment area as used for accidents data collection.

This principle is essential for the MAIDS project, because indeed the main method used to identify causality factors is the statistical analysis of relationships between the ACCIDENTS and the CONCURRENT EXPOSURE database.

Concurrent Exposure in itself does not belong properly speaking to in-depth accident analysis, which is covered by the on-scene and follow-up investigation, and concluded by accidents reconstruction. The in-depth analysis of a given accident, and especially its reconstruction, allow determining a cause-effect relationship, but STRICTLY FOR THIS ACCIDENT ONLY.

It is impossible, from a single accident, to infer whether the cause-effect relationship can be generalised to a larger number of accidents, or whether it is an odd case.

Of course, if many in-depth accident data, selected on a random base, are aggregated, then it is possible to identify trends in the cause-effect relationship. But as far as the number of accidents investigated in-depth remain a very small percentage of the overall accidents population, and do not cover all the geographic areas of interest, these trends remain worth a simple indication, a qualitative information, but by no means a quantitative result.

In other terms, even if a given cause-relationship pattern emerges as being present in, say 20% of the accidents in the accident database, it does not prove at all that this pattern is involved in 20% of the overall accident cases.

MAIDS is not an experimental study (i.e. the data observed are not the result of a planned experience, in which selected factors are pre-defined, and cases are arranged in such a way that different observation groups are exposed to the said-factor, and control groups are not exposed).

MAIDS rather belongs to the category of observational epidemiological investigations: data are randomly gathered, without any possibility of ordering the occurrence and combination of the factors subject to investigation. Therefore, to obtain cause-effect relationship indicators having a real statistical meaning, the only possible way is to establish a case-control database of observations, within an "exposure group".

The most powerful research design for the study of cause-effect relationship, among the observational epidemiological investigations (no experimental studies), is the longitudinal study (or cohort study). However, the cohort study is difficult to

carry on, assuming the follow-up of subjects of the general population for several years.

Therefore MAIDS approach, as provided by OECD methodology, is the case-control study.

In the case-control study the subject who experiments the event (i.e. an accident) is recorded not according to a follow-up study, but when the accident happens and the control group is often identified with the ones who have not experimented the event, choosing among the already existing sources (files, cards, current statistics). But this procedure often misleads, restricting the case-control study to test for association between exposure and event and using the cohort study to verify causal relationships.

In the last years it has been stressed that a case-control study properly conducted, allows quantitative estimation of exposure effects, clarifying the fundamental assumptions of the method.

The first problem is to identify which type of case-control study is relevant for MAIDS:

- ▶ case-control study based on prevalent case (existing case)?
- ▶ case-control study based on incident case (new case)?

In MAIDS, each case is a new case (the cases are incidents, all of them unpredictable and unique, which cannot be assimilated to any pre-existing case).

Therefore we can consider our study within the context of an underlying cohort (study base), which supplies the cases on which the case-control study depends.

To estimate the quantitative relationships between exposure and case-incident and understand how to select controls in the best way, we need to look at what is happening in the study base.

To clarify the probability of our study, let us introduce an example from Clayton (fig.1).

In this example there is only one exposition factor (E), and only one event investigated, with two modes: Fails (accident occurs), Survives (accident does not occur). The first branching in the figure concerns Factor Exposition. We take that the frequency in motorcycle population of this Exposition Factor is supposed to be of 10%.

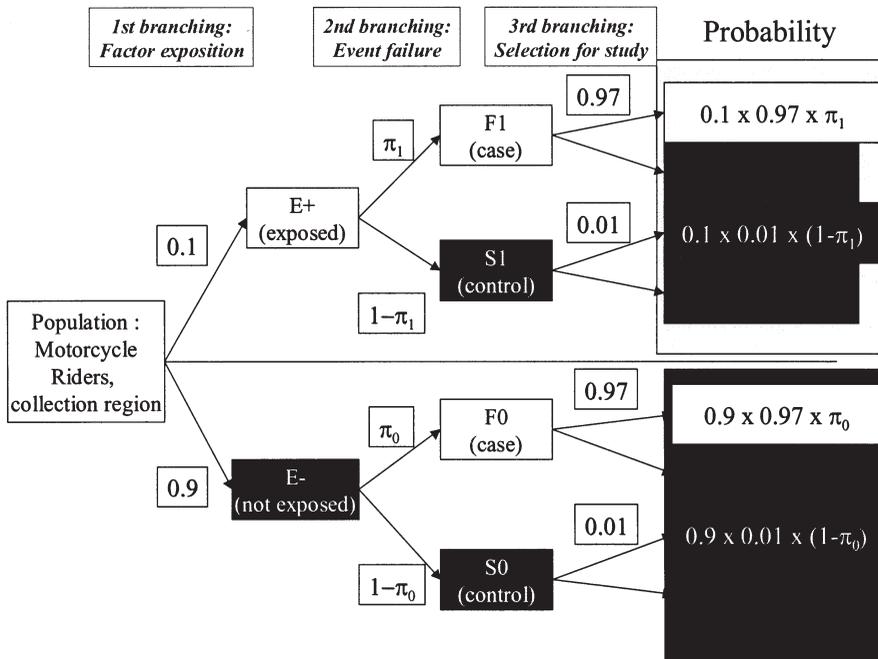


Fig. 1: D. Clayton and M. Hills, Statistical models in epidemiology, Oxford Science Publications, 1995

The next branching in the figure refers to Event failure:

- among the subject who are exposed to the exposition factors, the probability that the event fails (F) is referred to as π_1 (accident) and the probability that the event survives (S) is referred to as $(1 - \pi_1)$ (no accident) and
- among the “not exposed”, the probability that the event fails (F) is referred to as π_0 and the probability that the event survives (S) is referred to as $(1 - \pi_0)$.

The third branching in the figure concerns selection. Not all the members of the population are selected for the study.

Among the case population (i.e. the population of riders having an accident, which is a small population), the selection probability has to be relatively high (we take it here to be 97%, i.e. only 3% of the accident population is not selected for the study). To simplify we suppose the same probability to be selected (97%) for the subjects, who have the exposition factor (E⁺) and for the subjects who have not the factor (E⁻).

The probability that no-accident motorcycle riders are chosen as a control is assumed to be the same for both exposure groups. It is of course much smaller – let us take it to be 1%.

Among the eight possible outcomes of the cohort study, only four appear in it: exposed case (F_1), unexposed case (F_0), exposed control (S_1), unexposed control (S_0).

In the last column of fig.1 there are the probabilities of the four outcomes appearing in the case-control study (product of conditional probabilities).

The estimation of the accident exposure relationship may be approached using either a retrospective conditional argument or a prospective conditional argument.

In both cases, the odds ratio: $\frac{\Omega_1}{\Omega_0} = \frac{\frac{\pi_1}{(1-\pi_1)}}{\frac{\pi_0}{(1-\pi_0)}}$ can be estimated by $\frac{F_1 S_0}{S_1 F_0}$

This means that, provided a careful procedure is established to guarantee a random, non biased collection of accidents and concurrent exposure values for a panel of potential factors, it is possible to establish, very simply, the odds ratio associated to each of these potential factors to be really a causality factors for motorcycle accidents.

This methodology does not mean that the in-depth analysis of each accident makes no use. On the contrary, once the case-control study has allowed to identify, which factors have a really statistically proven high odds ratio, the in-depth analysis, especially the reconstruction, helps understanding the mechanisms by which these factors are involved in accidents causation.

Crosschecking the conclusions of the case-control study and the conclusions of in-depth analyses thus allows to guarantee the consistency of results and to build a solid basis for further investigations.

STEPS OF ACCIDENTS PROCESSING

The phases of accidents processing are the following:

- on-scene investigation, immediately after notification of the accident
- if the sampling decision is positive (i.e. enough evidence can be gathered on scene to allow the case to be analysed): follow-up investigation, including evaluation of injuries, inspection of vehicles, interviews, etc.

- reconstruction of the accident, i.e. identification of the history of facts, based upon evidence collected
- coding of the accident.

In theory linear, this process may indeed be performed in a different order; i.e. coding may start immediately after the on-scene investigation, while reconstruction may demand that the team come back to the accident scene to gather complementary information.

According to the OECD methodology, the concurrent exposure had to be performed fully on accident scene, first of all by performing a video registration of the accident scene during one hour under conditions similar to those of the accident, in order to establish a traffic concurrent exposure reference, and performing interviews and inspection of vehicles in order to establish concurrent exposure references for human and vehicle-related factors.

CATCHMENT AREAS AND DATA COLLECTING TEAMS

Catchment areas

Five catchment areas, i.e. areas, in which are collected both ACCIDENTS and CONCURRENT EXPOSURE data, have been set for MAIDS, after five suitable organisations, competent and equipped for this collection work, have been selected.

The five areas are:

- ▶ In France, a part of the Southern Paris region (North of the Essonne Département), placed under the responsibility of the CEESAR team;
- ▶ In Germany, the region of Lower Saxony, placed under the responsibility of the Medical University Hanover (MHH – Medizinische Hochschule Hanover);
- ▶ In Italy, the region of PAVIA, placed under the responsibility of the University of PAVIA;
- ▶ In Spain, the region of BARCELONA, placed under the responsibility of REGES;
- ▶ In the Netherlands, the region of DELFT, placed under the responsibility of TNO.

Finally, the consolidation, verification and analysis of data has been delegated to the Statistical Institute of the Department of Epidemiological and Psycho-behavioural Applied Science (Dipartimento Scienze Sanitarie Applicate e Psicocomportamentali) of the University of Pavia, in Italy.

Contracts with Data collecting Teams

There were two main obstacles to solve before contracting the five data collecting teams:

- ▶ Defining contractually acceptable conditions for ACEM and for each of the teams, taking into consideration the legal and administrative constraints enforced by law in each of the countries, especially as regards the right to collect data related to accidents and the right to process and store information of personal nature, some of which covered by professional secret obligations.
- ▶ Obtaining the agreement and the co-operation of the authorities responsible for police and legal investigations in the area.

The first common contractual basis has been established with the support of the French expert company FIDAL, which considered carefully the legal obligations and liability questions attached to such questions like privacy of personal data, observance of medical secrecy, declaration of computerised data storage, etc.

However, up to seven iterations of the contractual basis were necessary in some cases to reach an agreement.

This contractual matter actually proved to be a major obstacle to a rapid start of the investigations. Situations varied in very large proportions from one country to another. REGES, Spain, was in a position to start very early thanks to its experience and good contacts with authorities in the area. The Contract with University of Pavia did not raise many problems, but the data collecting team had to be completed.

Some specific contractual questions hindered a rapid signature of the contracts with MHH and TNO.

Finally, CEESAR faced a veto of the legal authorities to perform data collection in the originally planned catchment area surrounding the laboratory (West of Paris) and had to negotiate further the authorisation in a neighbour area, where it finally obtained the agreement and co-operation of authorities.

Beginning of Work

Building or completing teams, once the contract was secured, was one of the first tasks for each team. A list of teams skills has been established, and each team had to provide evidence that the skills required were available in the team, as well to perform the tasks of the methodology as to perform a quality control of their output.

The contracts negotiation and signature has allowed to start with practical data collection as follows:

TEAM	Contract signature	First case collection
CEESAR	Mar 2000	May 2000
MHH	Dec 1999	Dec 99
PAVIA	Sept 1999	Sept 99
REGES	Sept 1999	Sept 99
TNO	Jan 2000	Jan 2000

This is an important issue to be considered for any further extension of MAIDS-like approaches. Unfortunately, the time needed to set a contractual basis for such investigations is indeed very long, and it is careful to plan about six to eight months as a reasonable time span allowing to solve all the contractual and legal issues at stake.

FIRST DATA COLLECTION AND ANALYSIS

Collected results until 19th of APRIL 2000

The teams started collecting data following the OECD methodology. At mid April 2000, the situation is the following:

Number of CASES						
Status on 19 April 2000	FR	DE	IT	NL	ES	Total
Cases registered	0	55	48	80	59	242
Cases sampled	0	45	20	67	59	191
Cases rejected	0	10	0	13	0	23
Cases Processed	0	0	0	0	19	19
Video CE completed	0	43	20	0	59	122

Notwithstanding the fact that all teams started collection of data at different dates, some differences can be observed among them.

Teams have been asked to provide attachment of the cases, which were rejected, based upon the statement that the case was not MAIDS relevant, or that the

amount of data that could be gathered on scene was clearly insufficient to allow any further analysis. REGES could not provide this information in time, but for the three other teams that have collected data in the period, it seems that about 20% of the cases for which the team goes onto the scene cannot be exploited. This amount is still acceptable, in terms of efficiency of the procedure, but we need more feedback to be able to identify the real “productiveness” of MAIDS investigations. Care must indeed be taken that, at the later stage of reconstruction, some cases may show a lack of critical information, which leads to reject them too.

QUALITY CONTROL

Therefore, in order to make sure that the quality of collected data meets the requirements of MAIDS, a reporting table has been defined, which teams are asked to complete regularly.

From this table, it is possible to learn about some key issues about quality aspects.

An important issue, from this point of view, is the time at which the collection team is able to arrive on scene. We have a first statistic of this parameter, from which it appears that the time span may be quite long, since we know that indices may disappear rapidly. However, it seems, from these first experiences, that it finally makes little difference regarding the quality of data collected, as far as other sources (police) have gathered and made available enough evidences (addresses, photographs of the scene, etc.). A good co-operation with authorities obviously balances the late arrival on scene in many cases.

A first index of this satisfactory quality lies in the relatively low number of cases rejected by the teams up to now. But, to verify more carefully the quality of collected data; a composite quality index has been defined, which allows quantifying the amount of information safely gathered.

Data collected on scene and during the follow-up phase (including interviews and medical evaluation) are indeed encoded in sections A3 to A5 of the Data Coding Sheets. Among these data, some are expected to be especially important for accident characterisation.

Teams are thus asked to quote how they could gather the said indices. A mark “OK” means that all criteria in the domain considered (e.g. environment, rider’s profile, etc.) could be obtained; “PA” means that at least the indications felt most important have been obtained. And “NO” means that at least some key indicators are missing. The fact to obtain a few “NO” quotations does not necessarily mean that the case must be rejected – it may indeed happen that such cases still can be used

for the general statistical analysis and for reconstruction. But a too large number of “NO” quotes is certainly an indication of a poor overall data collection for the case.

A composite indicator has been established and is automatically computed from the reporting table. A case is considered:

- ▶ Top quality if less than 20% of the investigation domains are quoted “NO”
- ▶ Medium if this rate lies between 20 and 67%
- ▶ Bad if the rate of “NO” quotation lies over 67%

STRUCTURE OF DATA (until mid April 2000)

The reporting table also allows characterising the patterns of accidents gathered up to now. For this purpose, a few general criteria are reported in this table, and their analysis is given below.

First of all, the distribution of PTWs involved in accidents. Most important for MAIDS was to distinguish between Motorcycles and Mopeds, because of the expectedly quite different accident modes subject to concern these categories of vehicles, and probably also of different causation factors.

As a secondary subdivision, scooters and other vehicles are also distinguished – scooters may belong to the motorcycle or to the moped category, but they are characterised by a specific architecture and riding mode, which may lead to different accident patterns against conventional PTWs.

We can see from the first information that we have, through a purely random selection of cases, a satisfactory balance of Motorcycle cases and Moped cases. We also can see, that we also have a rather balanced proportion of scooters in the accident database. This means that we will certainly be in a position to analyse, by means of the case control statistical processing, the influence of the PTW category and architecture, and to have enough samples to perform relevant in-depth investigations for all categories. So we probably will not need to impose any sampling directives for these factors, which would have hindered using the case control method to identify their influence.

However, we also can see from the first information a trend, for the proportion of MCs / MOPEDS in the areas, to be quite different for Pavia and Barcelona on one hand, Hanover on the other hand. While Mopeds represent about 60% of accident cases in the southern area, up to now, they make but 25% of cases in Hanover. This means that we will need to take the greatest care, during the statistical analysis

stage, of possible coupling effects, for instance between the type of PTW and the local parameters of road environment, regulation, climate, etc...

Another interesting indicator is the period at which accidents are registered. We asked the teams to report whether the accidents occurred at night or during daytime, and during working days or weekend. This is an important criterion, to make sure that we have a sufficient sample of cases in each of the four possible situations, which correspond to different types of risks (e.g. conspicuity, fatigue, stress have probably different influences at night and at daytime; stress, fatigue, traffic conditions, etc., may also be different during working days and week-end travels).

We can see that we also obtain, through the random accidents selection process, a reasonably well-balanced distribution of the cases among these categories, which certainly will allow applying the case-control study method. Here too, however, there may be discrepancies between the collection areas (for instance the high proportion of night accidents in Barcelona), which will require a careful consideration during the statistical analysis.

Another important criterion is the distribution of cases as a function of the infrastructure type. We distinguished urban and rural areas, motorways and other infrastructures.

The situation here is less well balanced, up to now, than for the other criteria. There is a large predominance of urban cases in Pavia and Barcelona areas, while the distribution in Hanover is nearly 50% for urban and extra-urban areas due to the wider investigation area. In Pavia and Barcelona, most of the cases are registered out of motorways, but Pavia rural cases are up to now all on motorways.

This statement must be considered for the moment as a mere warning, because the number of samples gathered and reported upon is still too low to draw conclusions. However, we might here meet a problem to establish a sufficiently well-documented database of accidents covering rural areas in some of the catchment areas, which might require introducing some sampling requirements. Moreover, as discussed in sections 6 and 7, MAIDS faces a problem with the OECD Concurrent Exposure procedure, which led to recommend a new procedure, so-called "Petrol Station" protocol. The definition of this procedure is not independent of the distribution of cases between the four above-mentioned areas – therefore, we need to pay much attention in the next weeks to the evolution of this distribution and draw appropriate measures.

The type of accident is a key feature. Basically, we need to make sure that collisions with other vehicles and motorcycle-alone configurations are both present, because they correspond probably to quite different causation modes. Up to now,

this is the case (collisions with pedestrians are also present). However, we can see that, for the reported cases, there are but 10% of MC alone accidents, which seems relatively low, and may be indicative that it is more difficult to gather information for this type of accidents than for a collision involving several parties and testimonies, leaving clearer evidences on scene than a mere loss of control or fall.

The presence of a passenger on the PTW is an important issue, to allow MAIDS to analyse risks and factors specifically attached to the passenger.

Up to now, a few percents (up to 10% in Barcelona) of the accidents involve a passenger, which should be enough to perform relevant statistical analyses.

Finally, a last criterion is the severity of the accident. Although this severity cannot be definitely quoted before the evolution of injuries has been consolidated, we have first indications for the first gathered accidents, for which we distinguished between light injuries (AIS 3 or below), severe injuries (AIS 4 or over, but not fatal) and fatal accidents.

The overall distribution shows a predominance of less severe accidents – about 70% up to now resulted in AIS of 3 or less. However, the situation reported shows very large discrepancies, and especially the pattern of Hanover cases is quite different, with more than a quarter of fatal accidents. This has possibly a link with the higher share of motorcycles versus mopeds, and of rural versus urban accidents in this specific catchment area, compared to the other ones. But anyhow, this situation calls for attention.

PROBLEMS IDENTIFIED

In parallel of the first full-scale collections, it was possible to have a better view of problems to be solved in order to perform successfully the next stages of the MAIDS study.

A number of these questions actually, came from delays observed in the progress of the OECD methodology definition.

Some others have been discovered while examining the progress of the different teams' actions.

Coding of variables.

The coding sheets provided by OECD include a huge number of fields.

These fields are grouped by sections of data belonging to homogeneous families:

- ▶ Data gathered on scene or during the follow-up phase
 - A3.1 data concern the environmental conditions
 - A4.1 data concern the description of the PTW involved in the accident
 - A4.3 data concern the description of other vehicles involved in the accident
 - A5.1 data concern the profiles of persons involved (rider, passenger, other drivers)
 - A5.2 data concern the description of injuries of involved persons
 - A5.3 data concern the description of clothes and protective equipment of the rider and passenger
- ▶ Data established through the reconstruction process
 - A4.2 data describe the motion of the PTW, the rider and the passenger, from the pre-crash situation until the end of the accident.
 - A4.4 data describe the motion of other vehicles
 - A6.1 data provide a quotation of the environmental causes
 - A6.2 data provide a quotation of the mechanical causes (motorcycle causes and motorcycle's contribution to injuries)
 - A6.3 data provide a quotation of human factors and of the effect of protective equipment
 - A6.4, finally, provides a quotation of the responsibilities.

In spite of the time spent during the preparation phases, in order to sanitise these data, it appeared during the course of MAIDS data collection that a number of those fields remained sometimes ambiguous.

A permanent improvement process has been installed in order to remedy these questions. Interteam workshops have been convened, under OECD banner, including non-European experts, to discuss the variables at stake, and refine their definition.

As a support to this process, it also has been decided that some accident cases would be taken as common examples and that all teams should propose a coding of these examples; this process has allowed to identify several of the coding problems and to solve them.

However, two questions raised more difficulties, and required specific measures.

The first issue concerned the coding of the A6.4 part. Initially, the OECD methodology stipulated that an apportionment of responsibility should be established, for each accident case, but the first trials proved that this concept was impractical. Therefore, this part of the quotation had to be redesigned, by:

- ▶ Establishing a closed list of main possible contributing factors, among which the data collecting teams may select those which the reconstruction evidences as being involved,
- ▶ Reformatting the A6.4 data sheet, so that teams can indicate which contributing factors they have identified, from the reconstruction, as being certainly, probably or possibly involved in the accident causation and severity.

This work has been undertaken on behalf of HPRL Company for the OECD project; as a consequence of this, a specific deliverable document has been prepared as a part of the improved MAIDS methodology.

Exploitation of the coding software

For reminder, all the data coding work is performed, within the MAIDS project, thanks to an EDT coding software established, on behalf of OECD, by the US company DRI.

This coding software works under a Microsoft Excel environment, and uses a number of macroinstructions written in the Visual Basic programming language.

It had been decided to use this common coding software for all projects running under the common OECD methodology, in order to allow the data to be fully compatible. For this reason, MAIDS project was based upon the prerequisite that this EDT software should be available and secured.

Unfortunately it appeared, as explained above, that some parts of the software tool could not be used as such.

Moreover, during the first practice of coding, the teams discovered that:

- ▶ the tool was more time-consuming than expected, among others because many blank fields had to be entered, even if not relevant for the case considered
- ▶ the delivery of the EDT is an ASCII Flat file, the structure of which is not compatible with a processing by the most common statistical analysis packages. In particular, it is definitely impossible to use this flat file as input for the SPSS statistical analysis package initially chosen to perform the statistical analysis.

A discussion took place between all concerned parties during an Interteam workshop held in December 1999 in Delft. By that time, DRI had delivered the release 0.9 of the EDT.

Considering that the EDT was a critical tool for the MAIDS project, ACEM especially required obtaining rapidly an improved and final version of the software, which could be used for coding the accident cases.

A release 1.0 of the EDT should have been delivered end of March 2000. The additional requirements created by the reformulation of the contributing factors analysis, the improvement of user-friendliness, and some subsequent debugging did not allow distributing this release to MAIDS teams.

As a consequence, the present situation is the following:

- ▶ MAIDS teams will start coding the data with the release 1.1 of the EDT, which will be delivered on the 1st of August. In between, the accident data are registered on data coding sheets.

Globally, this delay does not create a risk for the MAIDS project as a whole. It is indeed necessary to have gathered a sufficient amount of cases to start any relevant analysis of the coded data. Nevertheless, a consequence is that the teams will have to support an important coding workload starting from August, which is also the period where most accident cases can be registered. This may create some conflicts, in which case the priority will have clearly to be given to collection of cases.

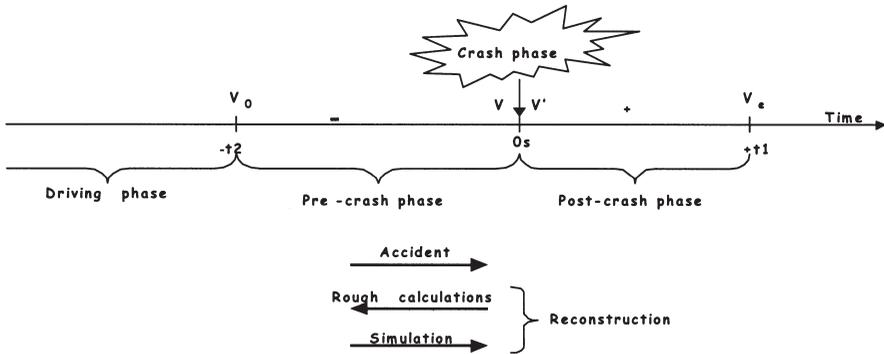
RECONSTRUCTION

Among the statements made during the first Interteam workshops, it rapidly appeared that the reconstruction task raised problems.

In particular, reconstruction of MOTIONS is a very difficult issue, generally speaking, and more specifically when PTWs are involved.

A few reconstruction exercises showed that the teams had different levels of expertise in this issue, and that as a consequence, they could come to different conclusions when analysing a common reference case. Generally speaking, this led several teams to express a strong requirement for training in reconstruction, and for a methodological support avoiding such deviations.

The scheme below illustrates the problem of reconstruction of motion.



It is essential, to determine the contributing factors, to understand the situation that prevailed during the driving phase, i.e. before any of the drivers had undertaken any action. This is crucial to determine, for instance, whether the rider or another driver has infringed any regulation (e.g. excessive speed, violation of priority rules, faulty trajectory ...). It is also essential to describe the pre-crash phase, during which the rider and, if applicable, the other driver may attempt to avoid the accident (e.g. by braking, trying to modify trajectories, etc.).

The crash itself must be as completely understood as possible: the position of impact points, impact angles, etc. can explain in a large proportion the severity of injuries.

And finally, the post-crash phase itself is quite important, especially for PTW accidents, because it may be responsible for main or secondary impacts, which themselves may contribute to the severity of the case.

Applying a reconstruction protocol implies a three-step process:

- ▶ Identifying all elements of accident scene which are indicative of crash configuration,
- ▶ Using these elements to compute backwards the initial conditions from their end consequences,
- ▶ Simulating the whole process, using the alleged initial conditions, to verify the consistency of the reconstruction.

Unfortunately, contrary to car accidents, where in many cases the fastened passengers remain inside the vehicle, PTW accidents very often lead to a separation of the motorcycle and of its passengers at the moment of impact, before or after,

which makes the analysis much more complex. And generally speaking, the evidences, which can be gathered on scene are often less characteristic than for car accidents.

This is why it was especially important to establish a common methodology for motion reconstruction in the frame of MAIDS.

This has been done first through a three-day training seminar. This training session included:

- ▶ Methodology bases (e.g. organisation of on scene measurements, interpretation of skid marks and scrape marks, etc.);
- ▶ Provision of reference data (e.g.: reference tables for maximum emergency braking deceleration, empirical relations between impact speed and throwing distance for a rider, etc.);
- ▶ Crash test demonstration (car versus stopped motorcycle with dummy rider, front collision);
- ▶ Reconstruction of the crash test by all teams;
- ▶ Analysis of the reconstruction;
- ▶ Demonstration of tools for photographic measurement of the accident scene;
- ▶ Demonstration of accident simulation, at the end of the reconstruction, using PC Crash software.

Following this seminar, a draft deliverable (reconstruction guidelines) has been prepared.

Concurrent Exposure

The purpose of Concurrent Exposure has been exposed in section 3.1. This part of the procedure is essential to apply the case control statistical approach for identifying the factors having a real impact on accident risks, among all the possible variables quoted in the accidents database. However, the procedure for Concurrent Exposure, as it had been proposed in the OECD working group, proved to be inapplicable in Europe.

The reasons are the following. Basically, to apply the case-control approach, we need to measure the occurrence of a given factor, both in the population of the accident database and in the reference database.

For this purpose, the OECD methodology provides that exposure data must be gathered on the accident scene, through a video registration of traffic, plus interviews of riders and drivers.

According to this protocol, it should be possible to obtain:

- ▶ From the video registration, exposure data concerning the types of vehicles, and the traffic conditions on the accident scene (use of traffic lanes, manoeuvres corresponding to the accident pattern);
- ▶ From the interviews, and the simultaneous inspection of the vehicle of the interviewee, it is possible in principle to obtain exposure data for specific vehicle factors (such as mechanical condition) and human factors (attitude, training, etc.).

What cannot be obtained from the concurrent exposure along this protocol, however, is exposure data for environmental factors, because the concurrent exposure site are not selected on a random basis, but are exactly the accident scene. The involvement of environmental factors has thus to be directly assessed from the reconstruction, and hence from the judgement of the reconstruction experts.

What cannot be applied on European scenes, for statutory reasons, contrary to the Unites States or Thailand investigation areas, is the on-scene interview protocol, because the investigation teams have no authorisation to stop persons in the traffic and ask for their co-operation. Such a protocol would thus require the co-operation of police, but notwithstanding the fact that this would not be easy to organise, it would obviously create a risk of a bias in the answers of interviewees, when very specific human factors items are at stake.

So it is clear that, if limited to video registration only, the added value of concurrent exposure would have been very low. Therefore, the team of University Pavia, in which the skills in epidemiological studies are especially relevant, has been asked to investigate alternative solutions. This is a very difficult question, because the concurrent exposure cases must be selected in the same area as the accidents cases, on a purely random basis; any systematic bias introduced by the collection protocol would ruin the value of the concurrent exposure data and therefore make the case-control approach worthless. Therefore, such ideas like co-operation with riders associations had to be eliminated, because they would have led to select preferably member riders, whose population is probably not representative of the overall population of motorcycle and moped riders.

The approach used by the Pavia team is to establish a co-operation with the network of petrol stations in the catchment area, and to proceed with interviews in these petrol stations among riders stopping for refuelling. The advantages of this protocol are numerous:

- ▶ It allows a natural, unconstrained introduction of the interview purpose towards the rider, who generally speaking should accept taking a few minutes more to answer the questionnaire;
- ▶ It avoids any participation of police authorities, which might bias the responses;
- ▶ It avoids selecting a priori the sites for the interviews as being the accidents scene, which may create a bias because this is not a random sampling.

The proposal made by the team has been submitted to the management group of MAIDS, and has been approved. Teams are now required to identify and to perform the necessary steps to practically implement the new concurrent exposure procedure in their respective catchment areas. The first statistics of distribution of the accidents cases between rural and urban areas, motorways and other roads is very helpful to better understand how to codify these critical points.

Research Questions

Last, but not least, the identification of a list of Research Questions is in the process of being defined.

It has been a choice, at the beginning of MAIDS, not to define a priori a closed list of research questions, which should be answered by the project, because this might have biased the methodology, by putting too much emphasis on alleged risk factors and neglecting to collect other data, which may reveal unexpected trends.

But obviously, it is necessary, at a certain stage, to define a first list of questions, in order to start testing hypotheses – and this stage has now been reached.

Therefore, the MAIDS management group, with the support of IfZ and ERESMAN, has started to collect a list of items of interest among:

- ▶ The public authorities, and first of all the European Commission (including consideration of the CARE database items);
- ▶ The motorcycle industry (ACEM / IMMA);
- ▶ The other sponsors of the project.

Thanks to this, a first list of items has been established. Then, a Research Questions Guidelines documents has been prepared, in order to define the way to handle these questions.

The purpose of these Guidelines is to ensure a non-ambiguous, clear and objective formulation of the questions, to establish and update a list of these questions, and to provide rules for adding further questions.

The philosophy of the Guidelines will be to formulate each Research Question as an hypothesis submitted to an investigation, the goal of which is to determine whether the hypothesis is true or false. The scope of Research Questions in the frame of the MAIDS project is strictly limited to hypotheses directly related to CAUSATIVE FACTORS of 2-wheels motorised vehicles accidents involving injuries of one or several passengers of the said vehicles.

These hypotheses can thus concern:

- ▶ The discrimination of CAUSATIVE FACTORS identified as primary causes of occurrence of motorcycle accidents
- ▶ The discrimination of CAUSATIVE FACTORS identified as contributing causes of occurrence of motorcycle accidents
- ▶ The discrimination of CAUSATIVE FACTORS playing a role in the SEVERITY of the accident, i.e. the AIS injury quantification of riders and passengers.

Research Questions can be established along two different and complementary ways:

- ▶ A priori Research Questions are established on the basis of a background experience of accidents. They correspond to hypotheses formulated either by experts of accidents, or by stakeholders, such as European, national or local administrations, motorcycle industry, etc.
- ▶ A posteriori Research Questions are generated by the Statistical Analysis of data. Such Questions can be the logical consequence of trends revealed by this analysis, which suggest the existence of hidden causative factors.

A first draft list of research questions has been established. It includes in fact a too high number of items to be put in application immediately. These questions address all the fields of interest related to PTW safety. Therefore, it has been decided to select about 20 to 25 items, as a function of the level of interest raised, and to process them in priority. These items will be reformulated, and a research question form will be issued for each of them.

CONCLUSIONS

Status of project schedule

The phase scheduled to be performed over year 1999 has lasted for a significantly longer time, due to the emergence of several important questions, than initially planned.

However, this delay is not a loss of time.

First of all, it has been used to devise efficient methodological measures in front of several problems, which were not discovered through the preliminary stages.

Second, it allowed learning lessons, which will be useful to improve the quality of the project during its collection and analysis phases.

Third, the collection work itself is not delayed significantly ; the teams did not start working simultaneously, and for instance, CEESAR team in France started about eight months after REGES in Spain. But the organisation measures should allow reaching in time the quantitative objectives of accidents cases collection. The main difference compared to the initial planning is that all tasks following data collection are postponed, from coding to reconstruction and concurrent exposure, as well of course as the consolidation of encoded data by Pavia.

Main lessons learnt:

► **Need for an independent set of procedures and tools.** A large part of the delays met is due to the fact that MAIDS project intended to follow the OECD methodology and use tools developed by the OECD RS9 committee. We must emphasise that these developments took place in a very satisfactory co-operation spirit, and that this co-operation is still running perfectly well. However, MAIDS has little possibilities to influence the progress speed of the OECD process; therefore, instead of having a complete set of methodology documents provided by OECD at the planned starting date, we had to cope with a situation where MAIDS project had to devise its own methodological documents and some specific tools to fill in some gaps.

Moreover, the OECD methodology is devised to provide methodological tools to one-team projects, while MAIDS is a multi-team, multi-cultural project. This has implied that a series of instructions and tools had to be revised and completed with co-ordination prescriptions so to avoid different application of the same set of tools.

A conclusion is thus that it is important, for an efficient performance of in-depth accident investigations, to have, at European level, a set of independent procedures and tools, of course compliant with OECD requirements, but upon which European stakeholders have full control, so that the quality and the schedule of the research can be under full control.

► **Need to re-evaluate the coding software.** In this respect, the EDT coding tool will need a re-evaluation towards the end of the MAIDS project. The choice made by OECD to let an American Company, DRI, develop the EDT software, proved

to be a good solution, because the product delivered is quite flexible, and can be relatively easily reconfigured as methodology is refined. EDT is therefore an excellent research tool. However, the methodology being now nearly stabilised, one can wonder whether it would not be preferable, for the future, to specify and build a durable coding system covering the long term needs of safety investigations, possibly less flexible, but with more focus on user-friendliness, compatibility with usual statistical analysis packages, maintainability, etc.

- ▶ **Management of contractual and legal obstacles.** The experience of problems met end of 1999, to secure the contractual arrangements and obtain the green light of legal authorities in all five countries leads, first of all, to consider that a period of six to eight months must be allocated to the management of these questions, before one can seriously consider being able to start with data collection in new areas. A main reason for this is that skills in motorcycle accidents analysis are not yet common; in many cases, teams have to be built specifically for this purpose, and therefore these teams do not benefit from the several years cooperation background with public authorities which is often the rule by automobile accidents research.
- ▶ **Chances of success of MAIDS investigations.** From the first statistics gathered on accidents cases in four of the five investigation areas, we can see that the distribution of cases is generally speaking satisfactory, variants of exposure conditions (e.g. motorcycle / moped, day / night, etc.) being present, through the random selection of cases without sampling directives, in sufficient proportions to allow an analysis of these situations. The only point still raising some doubts up to now is the proper representation of rural and urban situations in all data collection areas. Globally, the first trends show that accident data collected by MAIDS should be of high quality. The methodology refinements also allow expecting that their analysis will be as fruitful as expected.
- ▶ **Heterogeneity of situations.** In spite of the relatively small number of references gathered at mid April, some significant trends can be observed in the patterns of accident cases, strongly depending on the area. This suggests that there exist very significant differences between the said areas, as regards the mode of use of PTWs and, as a consequence, as regards the type of risk factors which may be identified as predominating in these areas. It is too early to say more about this point, but it is clear that statistical analyses will need to pay much attention about the investigation area as a being itself a factor, and to identify, if certain types of risks appear more frequently in certain areas, which are the real factors at stake behind it (e.g. environmental, sociological, regulatory issues).

**Zur Unfallverwicklung 16- und 17jähriger
Leichtkraftradfahrer und die motivationalen
und einstellungsmäßigen Hintergründe**

***Accident Involvement of 16- and 17year old Riders
of Lightweight Motorcycles and the motivational
and attitudinal Background***

Ulrich Schulz

Universität Bielefeld-Fakultät für Psychologie und Sportwissenschaft – Bielefeld
Deutschland

Abstract

Since the beginning of the eighties it was well known in traffic sciences that accident involvement of 16- and 17-year-old riders of lightweight motorcycles was extremely high. Therefore young riders had to pay very high insurance rates. Nevertheless there was no intensive traffic safety program for this group and in the nineties the problem was ignored.

In this paper we examine official accident data of lightweight motorcycles in the state of North Rhine-Westphalia for 1995- 1997. Data show that accident involvement of this group did not reduce. Compared to the number of lightweight motorcycles registered 16- and 17 year-old riders are 2 to 3 times over represented in the number of killed or seriously injured riders. This is especially the case for single vehicle accidents.

These unpleasant findings may be interpreted on the background of a new survey of 16- and 17-year-old riders of lightweight motorcycles. Compared with older riders in this group riding a motorcycle gains significance in living out autonomic tendencies, exploring new domains and testing new skills. Safety motivation of young riders of lightweight motorcycles was rather low.

Seit den Achtzigerjahren ist verkehrswissenschaftliches Allgemeingut, daß 16- und 17jährige Leichtkraftradfahrer besonders häufig in Unfälle verwickelt sind und deshalb besonders hohe Versicherungsprämien zahlen müssen. Dennoch wurde diese Gruppe nicht Ziel intensiver Verkehrssicherheitsmaßnahmen, sondern geriet vielmehr in den 90-Jahren in Vergessenheit.

Der vorliegende Beitrag will anhand von Unfalldaten des Landes NRW aus den Jahren 1995–1997 aufzeigen, daß sich das Ausmaß der Unfallverwicklung junger Leichtkraftradfahrer nicht verbessert hat. Im Vergleich zum Anteil im Bestand sind 16- und 17jährige Leichtkraftradfahrer bei Unfällen mit Getöteten und schweren Verletzten nach wie vor 2–3-mal so stark vertreten. Dies trifft auch auf Alleinunfälle zu.

Einen Interpretationshintergrund für diese unerfreulichen Befunde gibt eine eigene, aktuelle Befragungsstudie über die Motivationen und Einstellungen der 16- und 17jährigen Leichtkraftradfahrer ab. Hier kann gezeigt werden, daß bei

diesen Leichtkraftradfahrern in Vergleich zur einer Gruppe älterer Leichtkraftradfahrer das Fahrzeug Bedeutung für das Ausleben von Selbstständigkeitstendenzen, der Entdeckung neuer Lebensbereiche und dem Testen neuer Fähigkeiten hat. Das Sicherheitsbewußtsein der jungen Leichtkraftradfahrer war ziemlich niedrig.

1. Statistische Untersuchung der Unfallverwicklung 16- und 17jähriger Leichtkraftradfahrer für die Jahre 1995 bis 1997

1.1 Die Entwicklung des Bestandes an Leichtkrafträdern in Deutschland

Die Geschichte des Leichtkraftrades (LKR) als eines zulassungspflichtigen, gering motorisierten Zweirades insbesondere für junge Leute begann im Jahre 1980, als die damalige Klasse der Kleinkrafträder abgeschafft wurde und durch Leichtkrafträder mit einem maximalen Hubraum von 80 ccm ersetzt wurde. Die Anzahl der Leichtkrafträder stieg von 166.250 auf ein Maximum von 413.761 im Jahr 1985. Der dramatische Anstieg hatte auch drastische Auswirkung auf die Unfallverwicklung von Leichtkrafträdern, was im Jahr 1984 in einer drastischen Erhöhung der Versicherungsprämien für Leichtkrafträder zum Ausdruck kam. Als Konsequenz dieser Verteuerung des Leichtkraftradfahrens sank der Bestand von 1985 bis 1991 kontinuierlich auf einen Tiefstand von 167.807 Fahrzeugen und begann erst nach einer deutlichen Absenkung der Versicherungsprämien wieder leicht anzuwachsen. Eine wesentliche Veränderung ergab sich im Frühjahr 1996 durch die Einführung der europäischen Führerscheinregelung. Danach wird die Fahrerlaubnis für Leichtkrafträder auf Maschinen bis 125 ccm Hubraum ausgedehnt. Außerdem können Personen, die vor dem 1.4.1980 eine Fahrerlaubnis der Klassen 3, 2 oder 4 erworben haben, nach der Einführung des europäischen Fahrerlaubnisrechtes ein Leichtkraftrad führen. Diese Veränderung der Rahmenbedingungen führte 1996 zu einer leichten Erhöhung und 1997 zu einer sehr deutlichen Erhöhung des Bestandes an Leichtkrafträdern in Deutschland. Um diese Entwicklung zu veranschaulichen, sind in Abbildung 1 die Bestandszahlen an Leichtkrafträdern für die Jahre 1991 bis 1997 dargestellt.

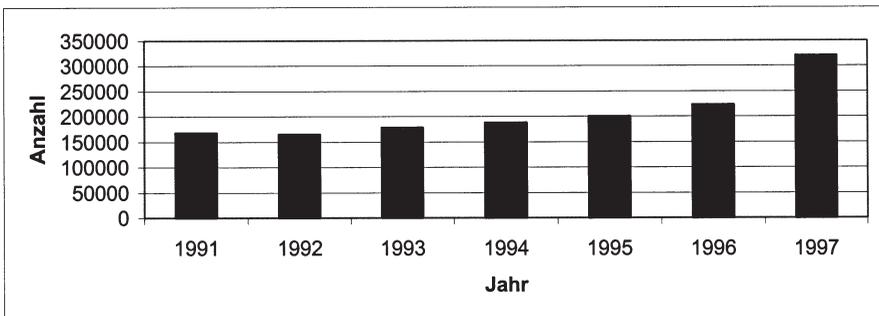


Abb. 1: Bestand an Leichtkrafträdern in Deutschland 1991–1997.

1.2 Altersabhängigkeit der Unfallverwicklung von Leichtkraftradfahrern in Nordrhein-Westfalen von 1995 bis 1997

Das Ausmaß der Unfallverwicklung einer speziellen Gruppe von Verkehrsteilnehmern sollte immer nur auf dem Hintergrund des Fahrzeugbestandes in dieser speziellen Gruppe beurteilt werden. Nachfolgend soll die Unfallverwicklung 16- und 17jähriger Leichtkraftradfahrer im Bundesland Nordrhein-Westfalen für die Jahre 1995 bis 1997 untersucht werden. Fahrzeugbestandsdaten werden vom Kraftfahrt-Bundesamt in seinen statistischen Veröffentlichungen [1] publiziert. Angaben über den Bestand an Kraftfahrzeugen, aufgeschlüsselt nach dem Alter des Halters, gibt es allerdings nur für die gesamte Bundesrepublik Deutschland und nicht für einzelne Bundesländer. Diesen Mangel kann man nur unter Einsatz erheblicher finanzieller Mittel durch Sonderauswertungen beim Kraftfahrt-Bundesamt beheben. Da dies für diese Untersuchung nicht möglich war, wurde als Ersatzlösung auf die Leichtkraftrad-Bestandsdaten von Gesamtdeutschland zurückgegriffen. Schon frühere Studien haben gezeigt, daß die Strukturen der Kfz-Bestände von Nordrhein-Westfalen und Deutschland sehr ähnlich sind, weswegen prozentuale Verteilungen für irgendwelche Bestandsaspekte für beide Gebiete nahezu identisch ausfallen. Für die Jahre 1995 bis 1997 wurden daher die Leichtkraftrad-Bestandsdaten den statistischen Veröffentlichungen des Kraftfahrt-Bundesamtes [1] entnommen.

In den nachfolgenden Grafiken werden jeweils die prozentuale Verteilung der Bestandsdaten auf die Altersgruppen und die prozentuale Verteilung der Unfalldaten auf die Altersgruppen separat berichtet. Ein Vergleich der Prozentsätze im Bestand mit den Prozentsätzen bei den Unfallverwicklungen erlaubt eine direkte Aussage über eine überproportionale oder unterproportionale Unfallverwicklung in der betrachteten Altersgruppe von Leichtkraftradfahrern.

Für die Ermittlungen der Unfallhäufigkeiten in einzelnen Gruppen von Verkehrsteilnehmern standen die originalen Einzeldatensätze nach dem standardisierten EDV-Unfallerhebungsverfahren des Statistischen Bundesamtes zur Verfügung. Das Statistische Landesamt Nordrhein-Westfalen hat für die Jahrgänge 1995 bis 1997 der „Forschungsgruppe Verkehrspsychologie“ der Universität Bielefeld die Einzeldatensätze sämtlicher Straßenverkehrsunfälle auf Magnetband zur Verfügung gestellt. Aus diesen Daten wurden die entsprechenden Unfälle von Leichtkrafträdern, unter Berücksichtigung der Veränderung der Definition von Leichtkrafträdern zwischen den Jahren 1995 und 1997, als Teilstichprobe aussortiert.

Die Ergebnisse der Datenaufbereitung findet man in den Abbildungen 2a bis 2c. Diese Abbildungen zeigen auf der Abszisse sieben Altersgruppen von Haltern bzw. verunfallten Leichtkraftradfahrern. Aus den Leichtkraftrad-Bestandsdaten der Bun-

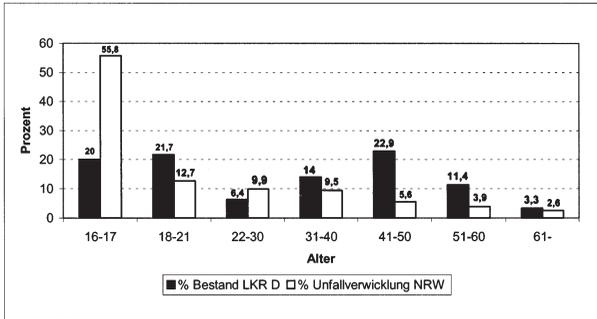


Abb. 2a: Prozentverteilung des Bestandes an Leichtkrafträdern in Deutschland 1995 und Prozentverteilung der Unfallverwicklung der Leichtkrafträder in NRW 1995 aufgeschlüsselt nach Alter

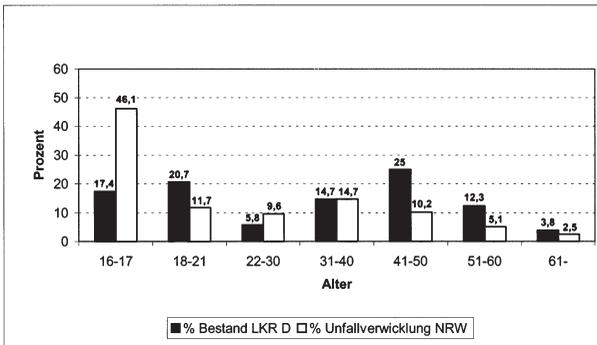


Abb. 2b: Prozentverteilung des Bestandes an Leichtkrafträdern in Deutschland 1996 und Prozentverteilung der Unfallverwicklung der Leichtkrafträder in NRW 1996 aufgeschlüsselt nach Alter

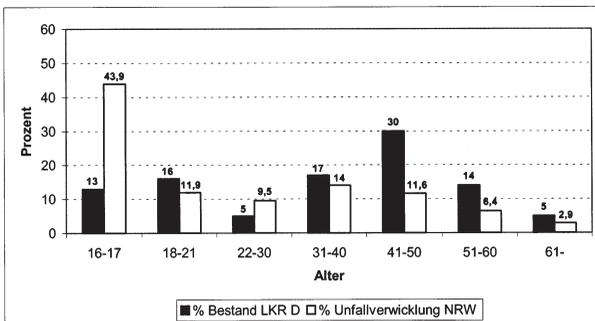


Abb. 2c: Prozentverteilung des Bestandes an Leichtkrafträdern in Deutschland 1997 und Prozentverteilung der Unfallverwicklung der Leichtkrafträder in NRW 1997 aufgeschlüsselt nach Alter

desrepublik Deutschland für das entsprechende Jahr wurden dann die Prozentsätze dieser Altersgruppe am Gesamtbestand an Leichtkrafträdern in dem entsprechenden Jahr für die Bundesrepublik Deutschland ermittelt. Diese Prozentsätze sind für die einzelnen Altersgruppen als schwarze Säulen dargestellt. Weiter wurde für jede Altersgruppe von verunglückten Leichtkraftradfahrern der Prozentsatz dieser Altersgruppe an den Gesamtunfallaufkommen der Leichtkraftradfahrer in dem entsprechenden Jahr in Nordrhein-Westfalen bestimmt. Diese Prozentsätze sind für die entsprechende Altersgruppe als weiße Säulen in den Abbildungen dargestellt.

Vergleicht man zunächst die Bestandsdaten der Jahre 1995, 1996 und 1997 so zeigt sich für die Altersgruppe der 16- bis 17jährigen ein Absinken des prozentualen Anteils am Bestand von 20% im Jahre 1995 auf 13% im Jahre 1997. Umgekehrt steigt der Anteil der 41- bis 50jährigen von etwas mehr als 20% im Jahr 1995 auf 30% im Jahre 1997. Bei diesen Änderungen der Bestandsprozentätze handelt es sich um Auswirkungen des veränderten europäischen Fahrerlaubnisrechtes und den damit verbundenen erweiterten Möglichkeiten für ältere Fahrer mit Fahrerlaubnis Klasse 3.

Vergleicht man nun innerhalb der einzelnen Altersklassen die Prozentsätze an der Gesamtheit der in einen Unfall verwickelten Leichtkrafträder mit den Prozentsätzen am Bestand, so zeigt sich für die Gruppe der 16- und 17jährigen Leichtkraftradfahrer eine eklatante Erhöhung des Unfallprozentsatzes gegenüber dem Bestandsprozentatz. In allen drei betrachteten Jahrgängen ist der Unfallprozentsatz annähernd dreimal so hoch wie der Bestandsprozentatz, was eine deutlich erhöhte Unfallverwicklung der 16- und 17jährigen Leichtkraftradfahrer belegt. Umgekehrt ergeben sich insbesondere für die Gruppe der 41- bis 50jährigen deutliche Unterrepräsentationen bei der Unfallverwicklung gegenüber den Bestandsdaten. Da zwischen den tatsächlichen Bestandsdaten des Landes NRW und Gesamtdeutschlands nur geringe Abweichungen zu erwarten sind, stützt die Analyse der Unfalldaten und der Bestandsdaten dieser drei Jahre die Aussage, daß Leichtkraftradfahren in der Gruppe der 16- und 17jährigen besonders gefährlich ist, und daß ältere Leichtkraftradfahrer über 40 Jahre als besonders sichere Fahrer angesehen werden können.

1.3 Vertiefte Analyse der Unfallverwicklung 16- und 17jähriger Leichtkraftradfahrer in NRW für die Jahre 1995 bis 1997

Nachfolgend soll eine vertiefte Analyse der Unfälle 16- und 17jähriger Leichtkraftradfahrer in Nordrhein-Westfalen für die Jahre 1995 bis 1997 vorgenommen werden. Hierzu wurden die Unfalldaten für diese Altersgruppe der Leichtkraftradfahrer nach der Schwere der Konsequenzen des Unfalls, nämlich nach Unfällen mit Toten,

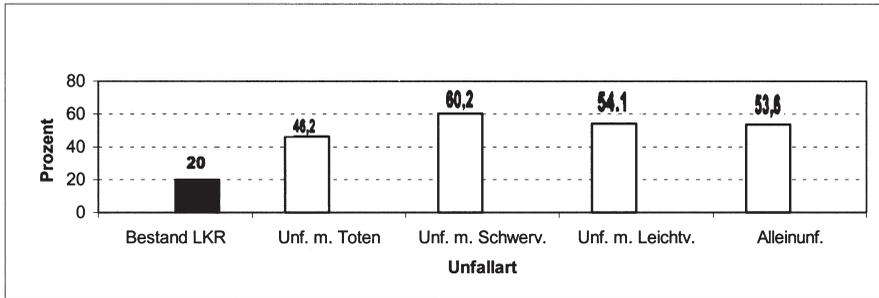


Abb. 3a: Prozentuale Häufigkeit der 16- und 17jährigen Halter von Leichtkrafträdern in Deutschland 1995 und prozentuale Häufigkeiten von Unfallarten bei Leichtkraftradfahrern 1995 in NRW.

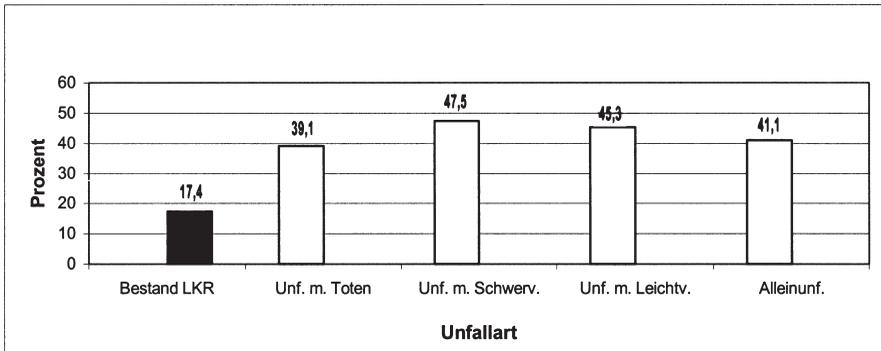


Abb. 3b: Prozentuale Häufigkeit der 16- und 17jährigen Halter von Leichtkrafträdern in Deutschland 1996 und prozentuale Häufigkeiten von Unfallarten bei Leichtkraftradfahrern 1996 in NRW.

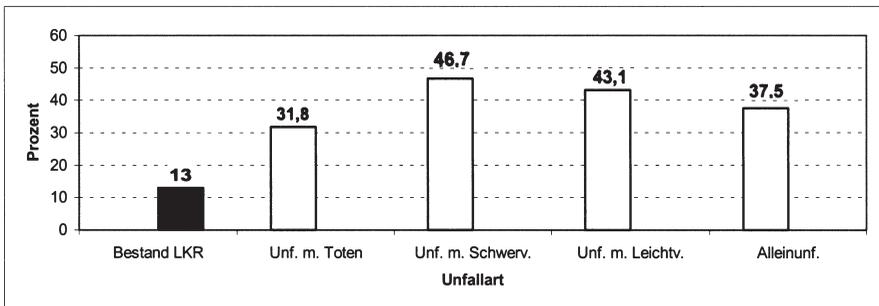


Abb. 3c: Prozentuale Häufigkeit der 16- und 17jährigen Halter von Leichtkrafträdern in Deutschland 1997 und prozentuale Häufigkeiten von Unfallarten bei Leichtkraftradfahrern 1997 in NRW.

Unfällen mit Schwerverletzten und Unfällen mit Leichtverletzten aufgeschlüsselt. Auf eine Verwertung der Unfälle mit Sachschaden wurde verzichtet, weil diese in den amtlichen Unfallstatistiken nur relativ schlecht und unvollständig erfaßt werden und somit eine extrem hohe Dunkelziffer haben dürften. Als zweites Kriterium wurde die Unterscheidung nach Alleinunfall und Unfall unter Beteiligung eines anderen Verkehrsteilnehmers herangezogen. In dem Ausmaß der Alleinunfälle kommen in der Regel stärker Fahrercharakteristiken zum Ausdruck als in den Unfällen mit Beteiligung anderer Verkehrsteilnehmer. In den Abbildungen 3a bis 3c werden zunächst für die Gruppe der 16- und 17jährigen Leichtkraftradfahrer in Nordrhein-Westfalen die Prozentsätze der entsprechenden Altersgruppe am Leichtkraftradbestand in Gesamtdeutschland berichtet. Diese Größe stellt die Vergleichsgröße für die entsprechenden Unfallkennziffern dar. Die Abbildung enthält als weiße Säulen die Prozentsätze für die einzelnen Unfallkonsequenzen und für die Alleinunfälle.

Die Abbildungen zeigen für alle drei Jahre deutlich, daß der Anteil der Alleinunfälle ungefähr zweieinhalb Mal so hoch ist, wie der entsprechende Prozentsatz der Altersgruppe am Bestand der Leichtkrafträder. 16- und 17jährige Leichtkraftradfahrer erweisen sich also für diese Jahre als deutlich überproportional in Alleinunfälle verwickelt. Genauso deutlich zeigen sich Erhöhungen der Unfallprozentsätze gegenüber dem Bestandsprozentsatz in allen drei Jahren für die drei Klassen von Konsequenzen eines Unfalls. Die Altersgruppe der 16- und 17jährigen Leichtkraftradfahrer ist bei den entsprechenden Unfallkonsequenzen mit einem Prozentsatz vertreten, der jeweils zweieinhalb- bis dreimal so hoch wie der entsprechende Bestandsprozentsatz ist. Besonders hoch ist der Prozentsatz bei den Unfällen mit Schwerverletzten in allen drei betrachteten Jahren.

Eine weitere Vertiefung der Analyse ergibt sich, wenn man die Unfallschwere zusammen mit den Alleinunfällen auswertet. Die Ergebnisse dieser Analyse sind in den Abbildungen 4a bis 4c grafisch dargestellt. Auf der Abszisse findet man jeweils die drei Klassen von Unfallkonsequenzen. Als schwarze Säulen werden die Häufigkeiten in den einzelnen Konsequenzen-Klassen für Alleinunfälle und als weiße Säulen für Unfälle mit anderen Verkehrsteilnehmern berichtet. Für alle drei Jahre ist der Prozentsatz der Unfälle mit Schwerverletzten in der Gruppe der Alleinunfälle höher als in der Gruppe der Unfälle mit anderen Verkehrsteilnehmern. Umgekehrt ist der Prozentsatz der Unfälle mit Leichtverletzten in der Gruppe der Unfälle mit anderen Verkehrsteilnehmern höher, als der in der Gruppe der Alleinunfälle. Als Konsequenz dieser Analyse zeigt sich, daß Alleinunfälle zu einem höheren Anteil an Schwerverletzten führen, also die gravierenderen Konsequenzen haben, als Unfälle mit anderen Verkehrsteilnehmern, die zu weniger gravierenden Konsequenzen führen.

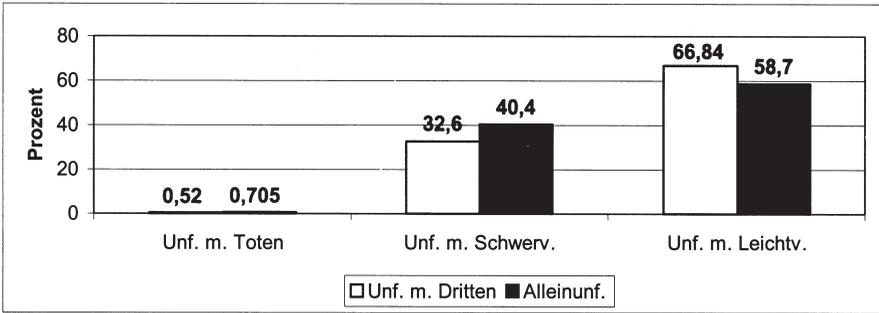


Abb. 4a: Prozentuale Verteilung auf die Unfallarten für Alleinunfälle und Unfälle mit Dritten bei Leichtkraftradfahrern 1995 in NRW.

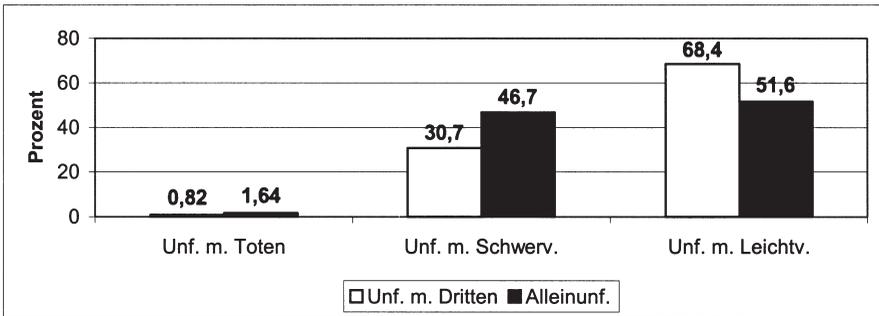


Abb. 4b: Prozentuale Verteilung auf die Unfallarten für Alleinunfälle und Unfälle mit Dritten bei Leichtkraftradfahrern 1996 in NRW.

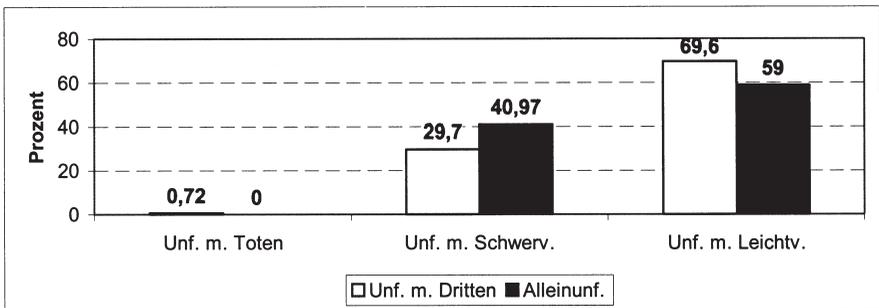


Abb. 4c: Prozentuale Verteilung auf die Unfallarten für Alleinunfälle und Unfälle mit Dritten bei Leichtkraftradfahrern 1997 in NRW.

2. Motivationen und Einstellungen 16- und 17-jähriger Leichtkraftradfahrer im Vergleich zu älteren Leichtkraftradfahrern

Die oben dargestellte hohe Überrepräsentation 16- und 17-jähriger Leichtkraftradfahrer in der Unfallstatistik ist ein betrübliches Phänomen, welches auch bei anderen Gruppen von jungen Verkehrsteilnehmern beobachtet werden konnte: so geben u.a. Schlag, Ellinghaus und Steinbrecher [2] einen Überblick über die Unfallverwicklung junger Pkw-Fahrer. Kroj und Stöcker [3] zeigen ebenfalls eine besonders hohe Unfallverwicklung bei 18–20-jährigen Motorradfahrern sowie junger Mofa- und Leichtkraftradfahrer. Für alle angeführten Gruppen junger Verkehrsteilnehmer läßt sich die drastisch überhöhte Unfallentwicklung auf zwei Faktoren zurückführen [2, 4]:

Anfängerrisiken: Die generelle Unsicherheit des Fahranfängers im Straßenverkehr, anfänglich gekennzeichnet durch mangelnde Fahrfertigkeiten und Erfahrungen im tatsächlichen System des Straßenverkehrs und nach ca. halbjähriger Fahrpraxis charakterisiert durch eine Überschätzung der fahrerischen Fähigkeiten und eine Unterschätzung der spezifischen Gefahren des Straßenverkehrs mangels Erfahrung.

Jugendspezifische Risiken: Die Ablösung des jungen Erwachsenen von Elternhaus und die Veränderung des Selbstkonzepts verbundenen mit Unsicherheiten und Konfrontationen in Familie und Erwachsenenwelt, bei denen das motorisierte Fahrzeug nicht nur als Transportmittel dient, sondern zur Eroberung neuer Lebensbereiche, zum Testen der neuerworbenen fahrerischen Fertigkeiten und zum Ausleben von inneren Spannungen verwendet wird.

Anfängerrisiken sinken mit zunehmender Verkehrserfahrung und Verkehrspraxis, jugendspezifische Risiken mit zunehmendem Alter [2,4]. Die stark überproportionale Unfallverwicklung wird in der Literatur zum geringeren Teil auf Anfängerrisiken und zum größeren Teil auf jugendspezifische Risiken zurückgeführt. Um die Existenz dieser jugendspezifischen Risiken bei Leichtkraftradfahrern methodisch korrekt nachzuweisen, soll über eine differentielle Fragebogenstudie bei jungen und älteren Leichtkraftradfahrern berichtet werden, in der Einstellungen und Motivationen der Befragten erfaßt wurden.

2.1 Fragebogenstudie aus dem Jahr 1998 für Leichtkraftradfahrer

Erhebungsinstrument

Für die Studie wurde ein Fragebogen entwickelt, der demographische Variablen und Angaben zum gefahrenen Fahrzeug bzw. zur Nutzung des Fahrzeugs, Fragen zu Fahrmotiven, einen Block von Fragen zum selbst eingeschätzten Fahrstil, zur Selbstrepräsentation als Leichtkraftradfahrer und zu wichtigen persönlichen Aspekten beim Erwerb eines Leichtkraftrades enthielt.

Stichprobe

Es wurden zwei übergeordnete Gruppen von LKR-Fahrern nach dem Alter gebildet:

Gruppe 1: 16–17jährige Leichtkraftradfahrer (16–17–98)

Gruppe 2: LKR-Fahrer über 30 Jahre (Ä98)

Durchführung der Untersuchung

Im Großraum Bielefeld wurde im Jahr 1998 die Untersuchung mit dem beschriebenen Erhebungsinstrument in den beiden Gruppen durchgeführt. Die jungen LKR-Fahrer wurden über Zeitungen und über Schulen (Realschule, Gymnasium, Gesamtschule oder Berufsschule) angesprochen. Die älteren LKR-Fahrer wurden ausschließlich über die Presse angeworben. Den jungen Untersuchungsteilnehmern wurde der Fragebogen direkt in den Schulen überreicht, den älteren wurde er mit der Post übersandt. Die Untersuchungsteilnehmer konnten den Fragebogen zu Hause ausfüllen und an die Universität mit der Post zurücksenden. Insgesamt wurden 486 Fragebögen verteilt und 175 zurückerhalten. Das entspricht einer Rücklaufquote von 36%. Das Einsenden eines vollständig ausgefüllten Fragebogens wurde den Versuchspersonen honoriert.

2.2 Ergebnisse

2.2.1 Demographische Angaben und Nutzung des Leichtkraftrades

An der Untersuchung nahmen 118 16–17jährige Leichtkraftradfahrer (darunter 33% Frauen) und 57 ältere Leichtkraftradfahrer (darunter 22,8% Frauen) teil. Die

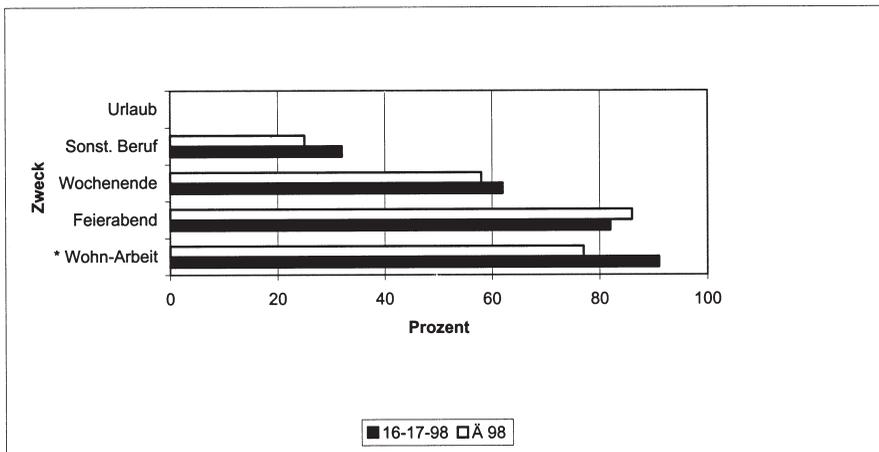


Abb. 5: Nutzungszwecke des Leichtkraftrades für 16- und 17jährige und ältere Leichtkraftradfahrer.

jüngeren Fahrer legten im Jahr im Durchschnitt 4035 km und die älteren 4870 km zurück. Der Zweck der Nutzung des LKR durch die beiden Gruppen wird in Abb. 5 untersucht. Die stärkste Nutzung erfolgt für den Arbeitsweg und für die Mobilität am Feierabend. Etwas mehr als die Hälfte nutzt das LKR am Wochenende und ca. 30% für sonstige berufliche Zwecke. Niemand benutzt sein Zweirad für Urlaubszwecke. Nur für die Fahrt zwischen Wohnung und Arbeit ergab sich ein signifikanter Unterschied auf dem 5%-Niveau zwischen den beiden Gruppen bei Verwendung eines Chi-Quadrat-Tests.

2.2.2 Einstellungen

Zunächst wurde die generelle Wichtigkeit des LKR-Fahrens eingeschätzt. Die Verteilung der Wichtigkeitseinstufungen auf einer zehnstufigen Skala sind in Abb. 6 dargestellt. Beide Fahrergruppen halten das LKR-Fahren überwiegend für wichtig. Dabei ist diese Tendenz bei den Jüngeren stärker ausgeprägt als bei den Älteren. Ein Chi-Quadrat-Test auf Gleichheit der Verteilungen der beiden Gruppen zeigte einen signifikanten Unterschied auf dem 5%-Niveau.

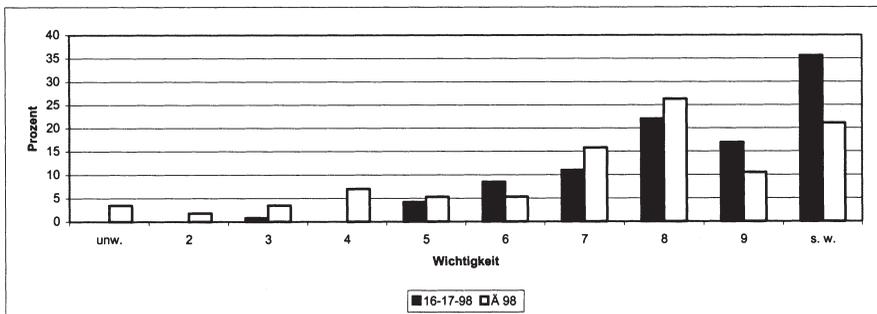


Abb. 6: Wichtigkeit des Leichtkraftrades für 16- und 17jährige und ältere Leichtkraftradfahrer. Skalierung 1= unwichtig, 10= sehr wichtig.

Die Motivationen zum LKR-Fahren findet man in Abb. 7 dargestellt. Es zeigen sich in vielen Aspekten sehr deutliche Unterschiede zwischen den beiden Gruppen der LKR-Fahrer. Ein größerer Teil der Unterschiede wurde bei einer Testung mit einem Chi-Quadrat-Test auf dem 5%-Niveau signifikant. Diese Signifikanzen sind in Abb. 7 durch einen * vor der Bezeichnung der Motivation angegeben.

Jüngere LKR-Fahrer nennen wesentlich häufiger als ältere fahrdynamische Anreize wie Kurvenfahren oder Schnellfahren. Sie suchen beim Fahren den sozialen Kontakt und wollen andere überzeugen, auch das Zweirad zu nutzen. Weitaus mehr junge LKR-Fahrer wollen auf ein Motorrad umsteigen, wollen eine größere Maschine, haben Spaß am Endurofahren oder wollen mit dem LKR in den Urlaub

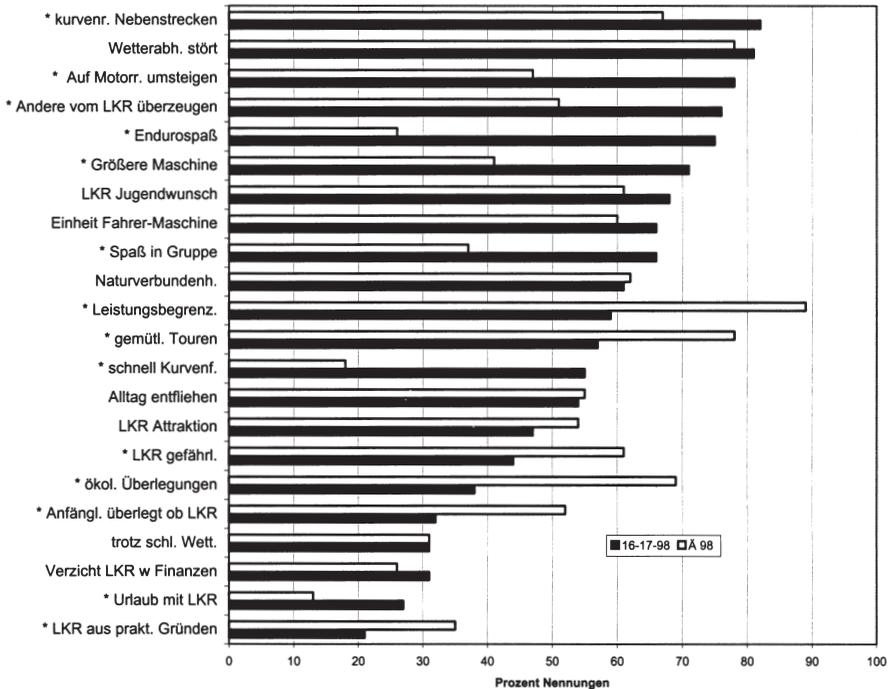


Abb. 7: Motivationen für 16- und 17jährige und ältere Leichtkraftradfahrer.

fahren. Umgekehrt wollen wesentlich mehr Ältere gemütlich touren. Wesentlich mehr von ihnen halten LKR-Fahren für gefährlich und hatten anfänglich Skrupel. Trotzdem fahren wesentlich mehr als bei den Jüngeren LKR aus praktischen Gründen. Eine wesentlich höhere Zahl der Älteren als bei den Jüngeren macht sich Gedanken über Lärm und Abgas. Wesentlich mehr von ihnen sind für eine Leistungsbegrenzung im Rahmen des Stufenführerscheins.

Im nächsten Analyseschritt wurden die Selbsteinschätzungen des Fahrstils der jüngeren und älteren LKR-Fahrer miteinander in Abb. 8 verglichen. Hier ergaben sich sehr deutliche Unterschiede. Jüngere schätzen ihren Fahrstil eher forsch und sportlich ein. In einem U-Test nach Mann & Whitney auf dem 5%-Niveau ergaben sich signifikant höhere Werte für die Jüngeren, beispielsweise für Fahrstilbeschreibungen wie erregt, aggressiv, sportlich-geländemäßig, rennmäßig, Volldampf und sportlich-schnell. Ältere hatten signifikant höhere Werte bei sicherheitsbewußten und zurückhaltenden Fahrstilbeschreibungen wie mit Sicherheitspolster, ruhig, entspannt, ausgeglichen, vorsichtig und fließend.

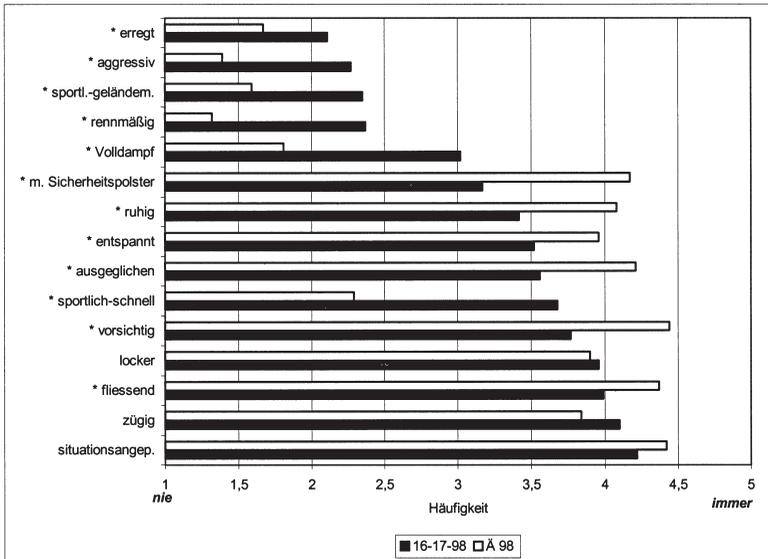


Abb. 8: Selbsteinschätzungen des Fahrstils für 16- und 17jährige und ältere Leichtkraftradfahrer. Häufigkeitsskalierung 1= nie, 5= immer.

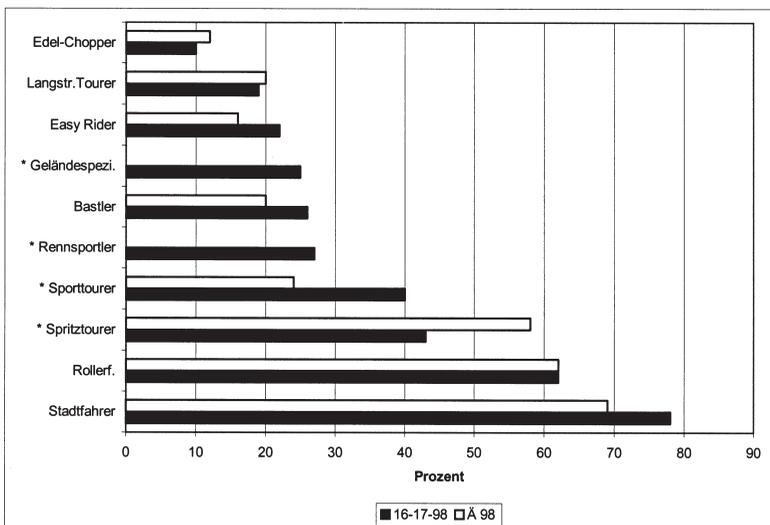


Abb. 9: Nennungsprozentsätze einzelner Fahrwelten durch 16- und 17jährige und ältere Leichtkraftradfahrer.

In Abb. 9 werden die Angaben zu den Fahrwelten der beiden Gruppen von LKR-Fahrern dargestellt. 70–80% der Fahrer beider Gruppen sehen sich als Stadtfahrer. Jeweils ca. 60% als Rollerfahrer. Die spezialisierten Fahrwelten der Motorradfahrer werden jeweils von 20–40% gewählt und hier zeigen sich auch signifikante Unterschiede zwischen jüngeren und älteren LKR-Fahrern. Jüngere sehen sich häufiger in den verschiedenen Rollen des sportlichen Motorradfahrens wie Geländespezialist, Rennsportler oder Sporttourer. Hier wurden die Unterschiede in den Häufigkeiten signifikant auf dem 5%-Niveau. Umgekehrt benennen die Älteren häufiger gemütliche Spritztouren als eine von ihnen bevorzugte Fahrwelt.

3. Diskussion

Kroj und Stöcker [2] konnten bei der Analyse von Zweiradunfällen feststellen, dass 16- und 17jährige Leichtkraftradfahrer überproportional hohe Verunglücktenzahlen und ein starkes Anwachsen der Verunglücktenzahlen von 1980 bis 1982 aufweisen. Die oben durchgeführten, bestandsgestützten Analysen der Unfallzahlen der Leichtkraftradfahrer im Lande NRW zeigen, daß die gleiche bedrückende Feststellung auch für die Jahre 1995–1997 getroffen werden muß: 1995 war der Unfallprozentsatz der 16- und 17jährigen um das 2,8-fache höher als der Bestandsprozentsatz der Altersgruppe. 1996 betrug der entsprechende Faktor 2,7 und 1997 sogar 3,4. Die vertiefte Analyse der Unfalldaten zeigt, daß diese drastisch erhöhte Unfallverwicklung bei 16- und 17jährigen Leichtkraftradfahrern bei allen Unfallarten festzustellen ist. Insbesondere der überproportionale Anteil der Alleinunfälle junger LKR-Fahrer stellt einen deutlichen Hinweis für einen Einfluß der Fahrerperson auf das Unfallgeschehen dar. Da in dieser Studie Unfalldaten und Fragebogendaten aus unterschiedlichen Stichproben stammen, kann der Personeneinfluß nicht direkt nachgewiesen werden. Vielmehr liefern die Ergebnisse der Befragung mit dem Vergleich der 16- und 17jährigen Leichtkraftradfahrer einen plausiblen Interpretationshintergrund: Wie bei den Untersuchungen mit jungen PKW-Fahrern [2] und jungen Motorradfahrern [4] zeigen auch junge Leichtkraftradfahrer eine deutlich erhöhte Tendenz zu fahrdynamischen Anreizen wie schnellem Fahren, Kurvenfahren, starkem Beschleunigen und wählen entsprechend wesentlich häufiger einen aggressiven, sportlichen Fahrstil und fahren wesentlich seltener als ältere Leichtkraftradfahrer vorsichtig und sicherheitsbewußt. Hier handelt es sich um Einstellungen und Verhaltensweisen die eindeutig dem Komplex der jugendspezifischen Risiken zuzurechnen sind. Auch bei jungen Leichtkraftradfahrern steht daher zu vermuten, daß die drastisch erhöhte Unfallverwicklung wesentlich auf diese jugendspezifischen Risiken zurückgeführt werden kann.

Literatur

- [1] Kraftfahrtbundesamt: Statistische Mitteilungen. Reihe 2: Kraftfahrzeuge. Stuttgart 1995–1997.
- [2] Schlag, B.; Ellinghaus, D.; Steinbrecher, J.: Risikobereitschaft junger Fahrer. Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr, Heft 58, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, 1986.
- [3] Kroj, G. & Stöcker, U.: Statistische Analyse der Unfall- und Bestandsentwicklung motorisierter Zweiräder. In H. Koch (Hrsg): *Der Motorradunfall. Beschreibung, Analyse, Prävention*. Forschungsheft Nr. 3, Institut für Zweiradsicherheit, Bochum, 1986, 1–46.
- [4] Schulz, U.; Kerwien, H.: Zur Risikobereitschaft junger Motorradfahrer. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 37, 1991, 168–171.

**Zusammenspiel von aktiver und passiver Sicherheit
bei Motorradkollisionen**

***Combination of Primary and Secondary Safety Aspects
within Motorcycle Collisions***

Alexander Sporer
Thomas Kramlich

GDV, Institut für Fahrzeugsicherheit – München
Deutschland

Abstract

In the year 1999 the increased number of accidents and fatalities among motorcyclist rose drastically, despite a continuous decrease over the last years. This emphasises an urgent activity towards this trend on the field of motorcycle safety. The highest risk of being killed or seriously injured is represented by single motorcycle accidents at present. Car/motorcycle collisions occur most frequently. Here it should be mentioned that the car driver has been depicted as the main responsible for the accident over the last years. With respect to the motor-biker, main objective should be the reduction of injuries at the lower extremities and fatal head injuries. Therefore, the current safety potential must be used more efficiently not only on the sector of passive safety but on the active safety sector as well. A significant improvement on passive safety could be rather registered in the accessories industry (helmet, clothes) in the past. A relevant safety guarantee can be expected, from a further development of, for example, airbags for motorbikes, or systems which could set free the biker from his vehicle without complications during the collision. Also, remarkable progress has been achieved on the field of breaking systems.

Thus, the negative aspect of it should not be neglected. Main problems occur when the biker comes into a critical situation and as a result of a panic breaking, the front wheel blocks. This is a consequence of the enormous breaking forces, which arise in modern machines. The danger of falling is then relatively high for the motorcyclist. Basically, more frequent fatal and serious injuries to the motorcyclist arise when he falls before the accident. A big safety potential offer break systems which hinder the breaks from blocking (Anti-Lock-Breaking-System). Furthermore, such systems encourage the motorcyclist to perform a full breaking and might as well prevent him from falling. In conclusion, the breaking distance will be shorter than the one of a vehicle with standard breaking system.

The motorcyclist will profit from ABS twice: He will be able to use the available breaking distance completely and, if the accident can not be avoided, the impact velocity will be lower. In this case he collides against the obstacle in an upright position, so the passive safety elements (for example: airbags) could be most effective.

By this, the theoretical presupposition for a positive interference by a ABS-system, is given in over 50% of all motorcycle accidents. In over 90% of this cases, the critical situations with a fall before the collision could be completely avoided.

Nach bisher stetigem Rückgang der Unfall- und Getötetenzahlen bei Motorradfahrern stiegen diese im Jahr 1999 erstmals dramatisch an. Dies unterstreicht einen dringenden Handlungsbedarf in dieser Unfallsparte, um diesem Trend entgegenzuwirken. Beim Motorrad-Alleinunfall ist die Gefahr, schwer oder tödlich verletzt zu werden, am größten. Der Motorrad/Pkw-Unfall ist die häufigste Unfallart, wobei hier der Pkw-Fahrer in der Vergangenheit immer deutlicher den Hauptverursacher darstellt. Um die häufigen Verletzungen an den unteren Extremitäten und die schwersten und tödlichen Verletzungen am Kopf des Motorradfahrers effektiv zu reduzieren, muss sowohl auf dem Gebiet der Unfallfolgenreduzierung als auch Unfallvermeidung das vorhandene Sicherheitspotential noch stärker genutzt werden. Eine Erhöhung der passiven Sicherheit fand in der Vergangenheit eher bei der Zubehörindustrie (Kleidung, Helme) statt. Von der Weiterentwicklung von beispielsweise Airbagsystemen für Motorräder oder Fahrzeugkomponenten, die ein komplikationsfreies Lösen des Fahrers bei der Kollision gewährleisten, ist noch ein großer Sicherheitsgewinn zu erwarten. Bei der Unfallvermeidung wurde vor allem bei der Bremsentechnik beachtliche Fortschritte gemacht. Dies birgt jedoch auch eine nicht zu vernachlässigende Gefahr. Durch die gewaltige Bremskraft, die moderne Maschinen zur Verfügung stellen, ist die Gefahr, bei einer Panikbremsung aufgrund einer Vorderradblockade zu stürzen, stark erhöht. Doch gerade bei Unfällen mit Sturz vor der eigentlichen Kollision treten schwere und tödliche Verletzungen überdurchschnittlich häufig auf. Eine Bremsanlage, die ein Blockieren des Vorderrades verhindert, stellt einen enormen Sicherheitsgewinn dar. Ein weiterer positiver Effekt von ABS-Bremsen ist, dass dem Motorradfahrer die Angst vor der Vollbremsung und einem möglichen Sturz genommen wird. Dies hat zur Folge, dass in der Realität der Bremsweg eines ABS-Motorrades immer kürzer sein wird, als bei einer Maschine mit herkömmlichen Verzögerungssystemen. Für den Motorradfahrer ergeben sich somit zwei entscheidende Vorteile. Er kann den zur Verfügung stehenden Bremsweg komplett nutzen und trifft, wenn der Unfall nicht vermieden werden kann, mit deutlich geringerer Geschwindigkeit auf den Gegner. In diesem Fall prallt er in aufrechter Position gegen das Hindernis, so dass für passive Sicherheitselemente (z.B. Airbags) eine optimale Wirkvoraussetzung gegeben ist.

Somit sind bei über 50% des gesamten Motorradunfallgeschehens die theoretischen Voraussetzungen für eine Beeinflussung durch ein ABS-System gegeben. Krisensituationen mit Sturz vor dem Zusammenprall wären zu über 90% vermeidbar oder zumindest deutlich harmloser im Verlauf. Die ABS-Ausstattung aller Motorräder auf deutschen Straßen sollte demnach unbedingt angestrebt werden.

1. Einleitung

Aus der amtlichen Statistik [1] lässt sich in den letzten Jahren ein deutlicher Trend erkennen (Bild 1). Sowohl die Zahl der Unfälle pro zugelassenen Fahrzeugen als auch die Anzahl der getöteten Krad-Fahrer nimmt stetig ab.

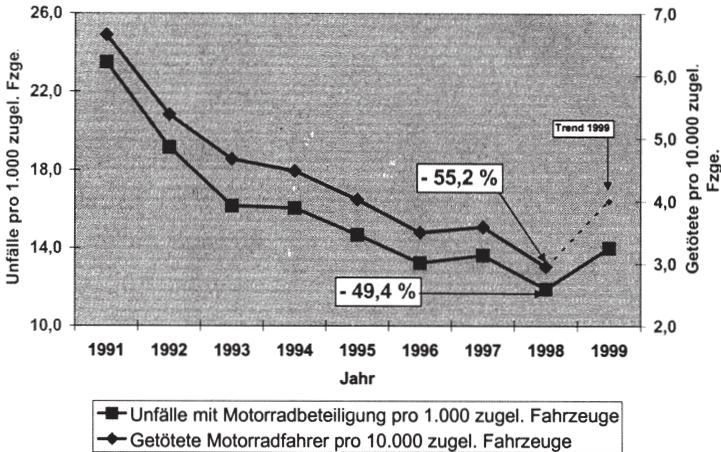


Bild 1: Entwicklung des Unfall- und Tötungsrisikos für Motorradfahrer 1991–1998

Dies ist auch ein Zeichen für einen Fortschritt in der Motorradbranche bezüglich passiver Sicherheit. Gerade auf dem Gebiet der Schutzkleidung und der Helmtechnik wurden in den letzten Jahren erhebliche Verbesserungen erzielt. Außerdem scheint das Sicherheitsbewusstsein der Fahrer in Bezug auf Schutzkleidung stark gestiegen zu sein. Leider hat es den Anschein als würde dieser erfreuliche Trend im vergangenen Jahr erheblich gestört werden. (Bild 2).

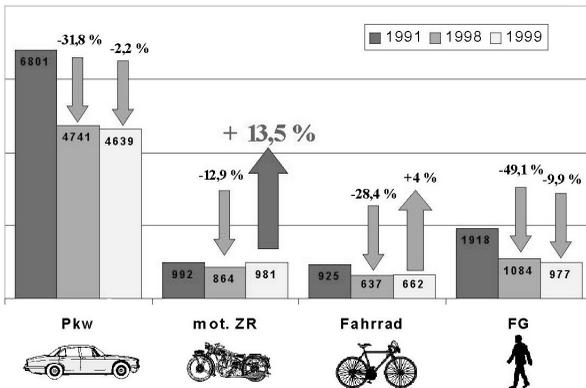


Bild 2: Getötete Verkehrsteilnehmer nach Art der Verkehrsbeteiligung, 1991–1999

So stieg die Zahl tödlich verunglückten Motorradfahrer im letzten Jahr [1] um 13,5% auf 981 und die Zahl der Schwerverletzten um 9% auf 13.900. Besonders auffällig ist die Tatsache, dass in allen Unfallsparten, außer bei den Zweiradfahrzeugen (auch Fahrradfahrer), ein Rückgang der Getöteten zu verzeichnen ist. Der Getötetenzuwachs bei den Motorradfahrern ist jedoch als höchst dramatisch zu bezeichnen.

Obwohl diese Entwicklung Handlungsbedarf fordert, sind von Seiten der Motorradindustrie und auch seitens der Gesetzgebung kaum neue, richtungsweisende Fortschritte bezüglich der Motorradsicherheit zu beobachten. Dabei ist sowohl auf dem Gebiet der aktiven als auch der passiven Sicherheit noch Schutzpotential vorhanden, welches nur schleppend ausgereizt wird.

2. Unfallgefahr

2.1 Unfallgegner und Verursacher

Eine möglichst genaue Kenntnis über die Schwerpunkte des Motorradunfallgeschehens ist Voraussetzung für gezielte Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit. Unfälle mit Einspurfahrzeugen sind in keiner Weise mit irgend einer anderen Unfallkategorie zu vergleichen. Diese Fahrzeugart kann beispielsweise im normalen Straßenverkehr sehr schnell übersehen werden; Motorräder verfügen über ein oft unterschätztes Beschleunigungsvermögen und sind in einer Krisensituation durch falsche, panikartige Reflexe schnell zum Sturz zu bringen. Somit müssen Gefahrenschwerpunkt für den Motorradfahrer genau untersucht werden (Bild 3).

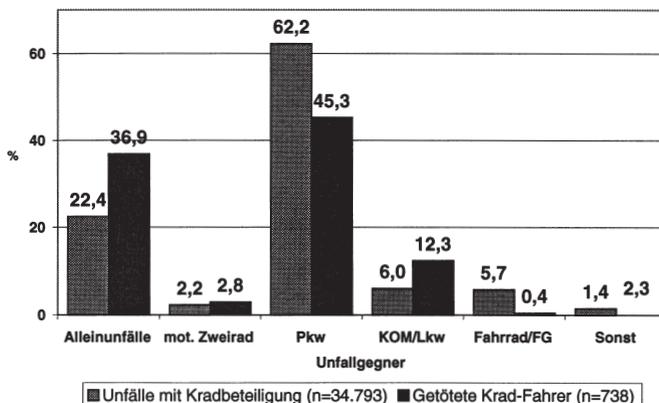


Bild 3: Unfallgegner und Tötungsrisiko bei Motorradunfällen, 1998

Bei Alleinunfällen gibt es in Relation zur Unfallhäufigkeit die meisten getöteten Motorradfahrer. Etwa 80% dieser Unfälle geschehen wegen individuellen Fahrfehlern [2]. Immerhin jeder zehnte Alleinunfall ist auf schlechte Fahrbahnverhältnisse oder starker Verschmutzung zurückzuführen. Weitere Unfallursachen wie etwa technische Mängel am Fahrzeug stellen mit unter 5% keinen Schwerpunkt dar.

Die absoluten Zahlen zeigen jedoch deutlich, dass, obwohl die Gefahr schwer verletzt zu werden bei Alleinunfällen am größten ist, die meisten getöteten Motorradfahrer bei Kollisionen mit Pkw zu finden sind (Bild 4).

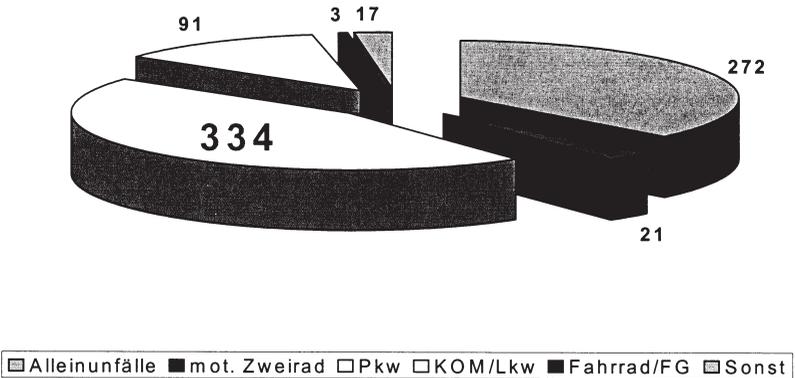


Bild 4: Unfallgegner bei Unfällen mit getöteten Kradfahrern

Die Verteilung des Hauptverursachers (Bild 5) bei Motorrad/Pkw-Kollisionen zeigt in den letzten Jahren eine weitere deutliche Verschiebung hin zu den Pkw-Fahrern.

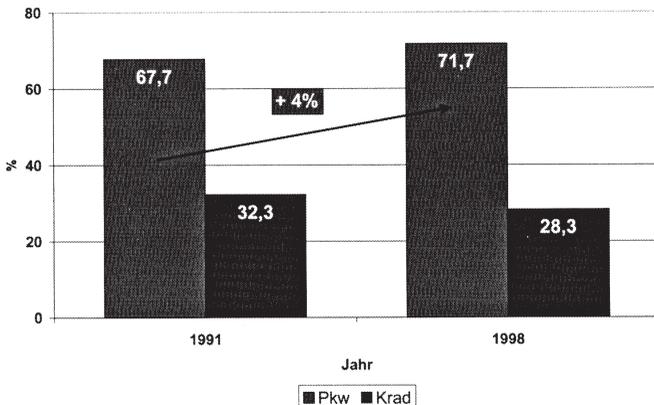


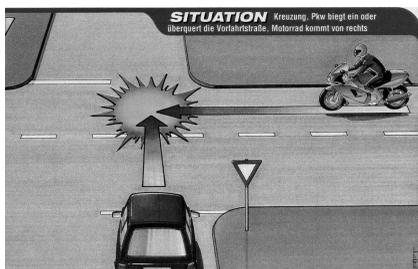
Bild 5: Hauptverursacher bei Krad/Pkw-Kollisionen 1991–1998 [1]

Da die wenigen, bisherigen Bemühungen, beim Pkw-Fahrer ein entsprechendes Problembewusstsein zu erzeugen, keinerlei Wirkung zeigen, muss in Zukunft verstärkt nach Möglichkeiten gesucht werden, beim Thema Unfallvermeidung nicht nur beim Hauptverursacher anzusetzen, sondern auch beim Leidtragenden, dem Motorradfahrer.

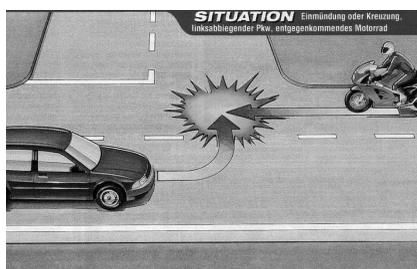
2.2 Typische Unfallsituationen Krad/Pkw

Durch eine detaillierte Auswertung der GDV-Datenbank [3] konnte herausgefunden werden, in welchen Situationen es immer wieder zu Kollisionen mit einem Pkw kommt. Hier lassen sich fünf Unfalltypen deutlich voneinander unterscheiden (Bild 6).

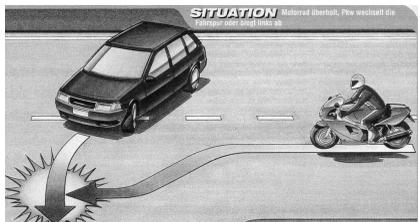
Vertiefende Zusatzinformationen sind in der angegebenen Literatur enthalten.



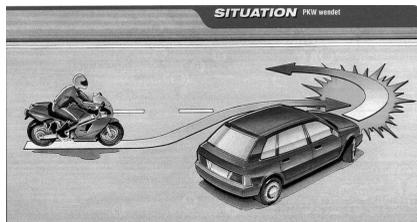
Typ 1: Pkw-Fahrer biegt ein oder überquert die Vorfahrtstraße, Krad kommt von links/rechts (**42%**)



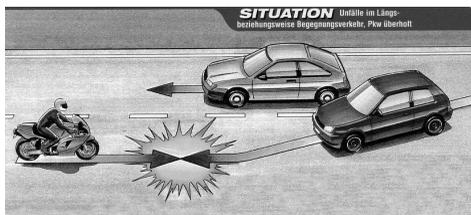
Typ 2: Autofahrer biegt links ab, Krad kommt entgegen (**26%**)



Typ 3: Krad überholt, Pkw wechselt die Fahrspur oder biegt links ab (**11%**)



Typ 4: Pkw wendet, Krad kommt entgegen oder von hinten (**9%**)



Typ 5: Pkw überholt oder kommt in einer Kurve auf die Gegenfahrbahn, Krad kommt entgegen (**7%**)

Bild 6: Typische Unfallsituationen bei Krad/Pkw-Kollisionen

2.3 Typische Verletzungen

Die häufigsten Verletzungen beim Motorradfahrer sind mit über 87% [4] an Ober-, bzw. Unterschenkel sowie am Kniegelenk zu finden (Bild 7).

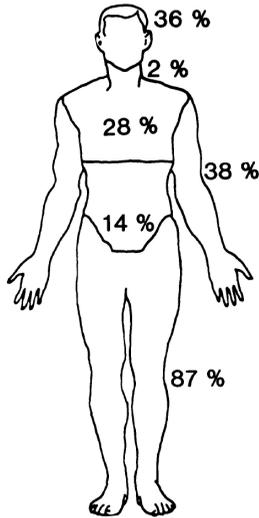


Bild 7: Häufigste Verletzungen bei verunfallten Motorradfahrern [4]

Ursache hierfür sind zum einen hinderliche Motorradbauteile während der Lösung vom Fahrzeug bei einer Kollision, zum anderen der Zusammenprall mit dem Unfallgegner. Diese Verletzungen sind zwar oft kompliziert und langwierig im Heilungsverlauf, stellen jedoch kein tödliches Risiko dar.



Bild 8: Beispiel für die Entstehung schwerster Kopfverletzungen bei Motorradfahrern

Die tödlichen Gefahren für den Motorradfahrer liegen jedoch im Kopfaufprall (Bild 8), wenn er beispielsweise bei einer Seitenkollision an die steife Pkw-Dachkante stößt. Auch bei Alleinunfällen ist der Kopf durch schwere Anstöße an beispielsweise Leitplanken oder Begrenzungspfosten erheblich gefährdet.

Diese Gefahrenzonen müssen dringend entschärft werden, denn gerade hier auf dem Gebiet der Unfallfolgenreduzierung sind die Möglichkeiten einer positiven Unfallbeeinflussung keinesfalls erschöpft.

3. Passive Sicherheit

Auf diesem Gebiet sind in den letzten Jahren, gerade von Seiten der Motorradindustrie, nur wenige Fortschritte zu verzeichnen, ganz im Gegenteil zur Zubehörbranche.

- Die Helmtechnik wurde kontinuierlich weiterentwickelt [5]. Besonders seit der Einführung der ECE-Norm hat sich auch bei Helmen der unteren Preisklasse ein hervorragendes Sicherheitsniveau entwickelt. Die Verwendung neuester Kunststoffe bietet hierbei enormes Optimierungspotential. Polycarbonat lässt sich beispielsweise exakt in komplizierteste Formen spritzen, während die alterungsbeständigen Duropplast-Helme an Ecken und Kanten Probleme bereiten. In der höchsten Preisklasse werden hochfeste Karbon oder Kevlar-Helme angeboten. Die Festigkeit der Helmschale wird mit Computern (Finite-Elemente-Methode, FEM) entwickelt. Mit diesen modernen Entwicklungsmethoden konnten auch auf den Gebieten Visiermechanik und Belüftung (Beschlagen des Visiers) spürbare Fortschritte gemacht werden.
- Auch bei der Kleidung für den Motorradfahrer hat ein Wandel stattgefunden. Schwarze Lederjacken- und Hosen mit angedeuteten Prallpolstern sind allenfalls noch bei Puristen zu finden. Das Straßenbild bestimmen weitgehend wasserdichte Textiljacken in bunten, gut sichtbaren Farben, aus abriebfestem High-Tech-Gewebe mit Kevlarverstärkung (Keprotec, Dynatec).
- Für CE-Protektoren [6] gibt es seit 1999 verbindliche Vorschriften über deren Leistungsfähigkeit. Die Norm der Europäischen Union (prEN1621-1) schreibt ein Prüfverfahren fest, um optimalen Schutz zu bieten.
- Erste Ansätze bei der Optimierung von Motorradkomponenten wie Verkleidung, Tank, Fußrasten oder Lenker, um bei einer Kollision, ein möglichst kontrolliertes, komplikationsfreies Lösen des Fahrers vom Fahrzeug zu gewährleisten, sind festzustellen.
- Laut wissenschaftlicher Studien [7] ist von einem Airbag für Motorräder, hinsichtlich der Bewegungskinetik des Motorradfahrers bei einer Kollision,

sowie als Prallpolster, ein beachtliches Wirkpotential zu erwarten. Auch hier sind nur minimale Fortschritte zu erwähnen. Lediglich Honda bietet seit neuestem einen Airbag als Option für eines ihrer Fahrzeuge an.

Doch gerade die Verbesserungen am Motorrad selbst (Airbag, opt. Komponenten), die das Gefahrenpotential bei einer Kollision vermindern, können nur Wirkung zeigen, wenn der Fahrer mit seinem Motorrad in einigermaßen aufrechter Sitzhaltung gegen den Pkw prallt. In 20% aller Motorrad/Pkw-Kollisionen jedoch stürzt der Motorradfahrer oft schon weit vor dem Zusammenprall. Hier kann nur im Zusammenspiel mit aktiven Sicherheitselementen ein optimales Schutzpotential für den Motorradfahrer geschaffen werden.

4. Aktive Sicherheit

Aktive Sicherheitsmaßnahmen beinhalten alle Schritte, die helfen, einen Unfall im Vorfeld zu vermeiden. Beim Thema Motorradsicherheit kann man hier zwei erfolgversprechende Hauptgebiete unterscheiden:

- **Ausbildung**, Fortbildung und Aufklärung des Motorradfahrers bzw. der anderen Verkehrsteilnehmer.
- **Fahrzeugkomponenten**, die auch in Krisensituationen eine möglichst stabile Fahrweise ermöglichen.

Um für den Motorradfahrer auf dem Gebiet der Unfallvermeidung einen Sicherheitsgewinn zu erzielen, muss man sich als erstes auf die Ausbildung bzw. Aufklärung der Fahrer konzentrieren.

- Durch die Einführung des Stufenführerscheines konnte verhindert werden, dass junge Fahranfänger mit leistungsstarken, oft schwer beherrschbaren Hochgeschwindigkeitsmotorrädern ihr Leben und das anderer Verkehrsteilnehmer gefährden.

Auf dem Gebiet der Unfallvermeidung sind bei der Motorradtechnik in den letzten Jahren einige beachtliche Fortschritte zu verzeichnen.

- Die Fahrwerke der modernen Motorradgeneration bieten dem Fahrer bis auf wenige Ausnahmen meist hervorragende Fahreigenschaften. Besonders hinsichtlich Kurvenstabilität oder Stabilität beim Fahren mit hohen Geschwindigkeiten hat die Entwicklung deutliche Fortschritte gemacht. Diese gewonnene Stabilität auf dem Zweirad gaukelt dem Fahrer jedoch eine gefährliche Sicherheit vor. Bei schlecht beschaffener Fahrbahn beispielsweise erhält der Fahrer kaum eine Rückmeldung, so dass jegliches Gefühl für Grenzbereiche und reduzierte Bodenhaftung praktisch verloren geht. Die neue Gefahr, die hier entsteht, ist auf keinen Fall zu unterschätzen.

- Motorradreifen der neuesten Generation bieten eine sehr gute Bodenhaftung auch bei widrigen Wetterbedingungen.
- Gerade bei der Entwicklung von Bremsen hat in den letzten Jahren ein enormer Fortschritt stattgefunden. Die Zeiten der unwirksamen Vorderrad-Trommelbremsen sind vorbei, da das kontinuierliche Bemängeln dieser Bremssysteme die Industrie dazu zwang, immer wirkungsvollere Bremsen zu entwickeln. So sind beispielsweise als erster Schritt einige der neu auf den Markt befindlichen Prestige-Modelle serienmäßig mit einer Kombi-Bremse ausgestattet, welche bei Betätigung der Hand- bzw. der Fußbremse beide Bremssysteme kontrolliert betätigt. Trotzdem hat gerade dieser Trend eine äußerst gefährliche Kehrseite.

5. Todesursache Bremsen

5.1 Hintergrund der Studie

Auslöser für die Untersuchung „Bremsen als Todesursache“ waren drei Motorradunfälle mit tödlichen Folgen in Bayern (Bild 9) innerhalb eines kurzen Zeitraumes.

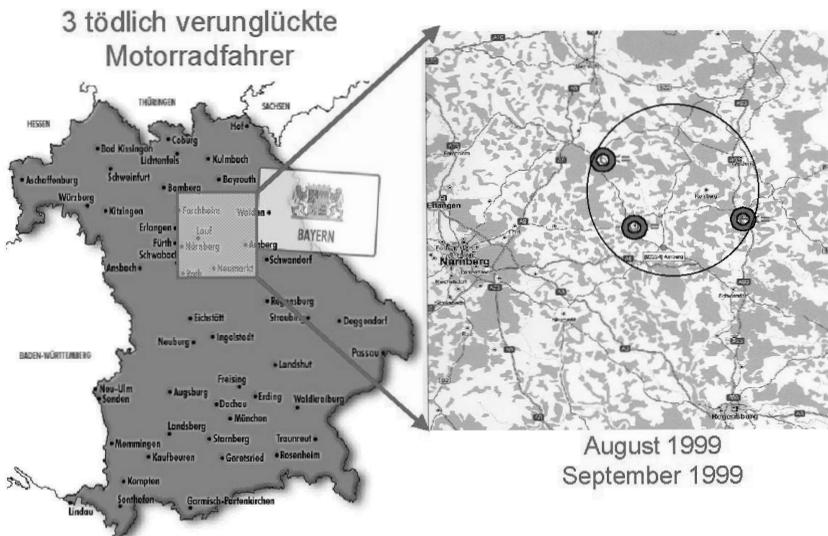


Bild 9: Drei Motorradunfälle mit tödlichen Folgen in Bayern

Diese drei Unfälle weisen eine Reihe von Gemeinsamkeiten auf:

- Todesursache: **Innere Verletzungen**
- Pkw-Aufprall in dessen **unteren Bereich**

- ideale äußere Gegebenheiten (trockene Fahrbahn, taghell, gute Sichtverhältnisse)
- **neue** Fahrzeuge
- Fahrgeschwindigkeit **unter 100 km/h**
- **Sturz vor der Kollision** mit dem Pkw

Die Rekonstruktion dieser Fälle brachte z.B. folgendes Ergebnis:

Fallbeispiel: (Bild 10)

In dieser Unfallsituation biegt der Pkw-Fahrer aus der untergeordneten Straße nach links ab und übersieht das von rechts herannahende Motorrad. Der 20-jährige Motorradfahrer fährt mit vorschriftsmäßiger Geschwindigkeit von etwa 80 km/h. Die Fahrbahn ist trocken und es herrschen optimale Sichtverhältnisse. Der Motorradfahrer bremst die zwei Jahre alte Sportmaschine panikartig bis zur Radblockade ab und stürzt. Nach dem Sturz schlittert er nun praktisch unverzüglich mit etwa 40 km/h gegen das Heck des Pkw. Er verstirbt an schwersten Verletzungen im Brustbereich.

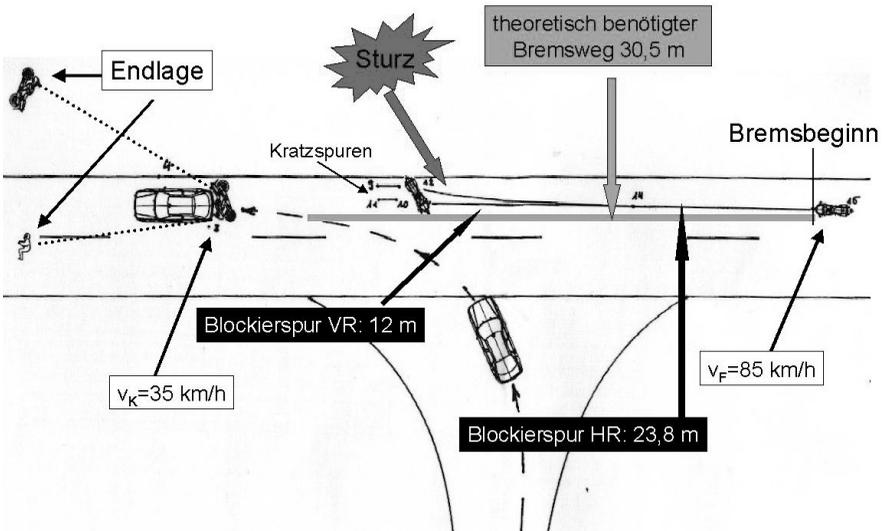


Bild 10: Unfallskizze zum Fallbeispiel

Gerade dieses Beispiel zeigt, dass besonders die Entwicklung der Motorradbremsanlagen in den letzten Jahren enorme Fortschritte gemacht hat. Die 6-Kolben-Bremszangen stellen heutzutage den Stand der Technik dar und sind in Ver-

bindung mit Stahlflex-Bremsleitungen in der Lage, das Vorderrad auch bei Geschwindigkeiten von über 100 km/h mit einem Ruck zum Stehen zu bringen.

Selbst ein geübter, routinierter Motorradfahrer ist in einer Schrecksituation hoffnungslos überfordert, diese Bremsleistung zu beherrschen. Entweder er öffnet seine rechte Hand sofort nach Blockieren des Vorderrades oder der Fahrer verkrampt und stürzt in 93% der Fälle. In beiden Situationen aber kann er seine vorhandene Bremsleistung nicht optimal nutzen und verschenkt wertvollen Bremsweg.

Die Lösung dieser Problematik liegt praktisch auf der Hand. Der Einsatz von ABS-Bremsanlagen verhindert die sturzverursachende Blockade des Vorderrades.

5.2 ABS bei Motorrädern

Das **ABS-System** (ab 1988) von BMW (Bild 11) arbeitet nach dem „Plungerprinzip“ [8]. Hier werden Raddrehsignale der Meßsensorik an den getrennt geregelten Rädern permanent ausgewertet.



Bild 11: Beispiel für ein ABS-System

Droht durch steil abfallende Radumfangsgeschwindigkeit eine Blockade, senkt ein Druckmodulator den Systemdruck soweit ab, dass ein Abrollen des Rades gesichert ist. Ist dies eingetreten, wird der Systemdruck wieder bis an die Blockiergrenze angehoben. Dieser Vorgang findet bis zu siebenmal in einer Sekunde statt.

Das ABS-System wirkt zwischen den Fahrbahnreibwerten von $\mu = 0,1$ (wasserüberflutetes Glatteis bis $\mu = 1,3$ (sehr rauer Asphalt) und setzt ab 4 km/h (Schrittgeschwindigkeit) ein.

Da lediglich der Druckmodulator und die Messeinheiten elektronisch funktionieren, ist die Funktion der rein hydraulischen Bremse bei Ausfall des Bordnetzes gesichert.

Nachteil: Das Regelsystem bewirkt eine pulsierende Federbewegung des Krades mit Kraftspitzen auf die Vorderradgabel.

Das bei BMW seit 1993 existierende **ABS 2-System** lernt durch Überwachung der Kolbenstellung während des Regelvorgangs den Fahrbahnzustand (nass, trocken, usw.) und schafft es somit, im günstigsten Bremsbereich längere Zeit zu verharren. Das ABS 2-System bedeutet einen Gewichtszuwachs von 7 kg am Motorrad.

Das einst in den japanischen Motorrädern verbaute „Ventilsystem“ unterscheidet sich lediglich darin, dass der Systemdruck nicht von einem Kolben, sondern durch ein Ventil geregelt wird.

Leider ist die Honda „Pan European“ momentan das einzige Motorrad japanischer Hersteller auf dem Markt, das mit ABS ausgestattet werden kann. Zwar gab es in den 90er Jahren in der Produktpalette eines jeden japanischen Motorradherstellers mindestens ein Modell mit ABS, doch wurden diese mangels Nachfrage nach und nach eingestellt. Dies beweist ein enormes Informationsdefizit bei den Motorradfahrern.

Kurvenbremsung:

Die bisher erhältlichen ABS-Systeme weisen hier noch keine akzeptable Lösung auf. Das äußerst problematische Thema Kurvenbremsung wird somit durch das ABS noch nicht verbessert, jedoch ist auch keinerlei Verschlechterung festzustellen.

Für ein kurventaugliches ABS-Bremssystem sind außerdem zuverlässige Schräglagensensoren nötig, die bisher zu keinem im Verhältnis stehenden Preis erhältlich sind.

Auch die Deckung des Energiebedarfs für sämtlich benötigte Messeinrichtungen ist sowohl aus Kostengründen als auch hinsichtlich baulicher Möglichkeiten ausgesprochen problematisch.

Das lernende ABS 2 (Fahrbahnbeschaffenheit) von BMW ist jedoch auch hier bereits ein Schritt in die richtige Richtung.

Alle diese vielseitigen Einsatzmöglichkeiten von ABS bei Motorrädern war für uns der Anlass, Auswertungen der Datenbank des Institutes für Fahrzeugsicherheit mit entsprechender Aufgabenstellung vorzunehmen.

Die größte Erfolgswahrscheinlichkeit kann hier bei Unfällen mit Sturz des Motorradfahrers erwartet werden. Aber auch bei Bremsungen ohne Sturz ist ein gewisses Wirkpotential für ein ABS-System vorhanden.

5.3 Problem Bremsung: Unfälle mit Sturz

Die Motorrad-Datenbank des Instituts für Fahrzeugsicherheit (Bild 12) umfasst 610 Pkw/Motorradunfälle mit mindestens einem verletzten Krad-Fahrer.

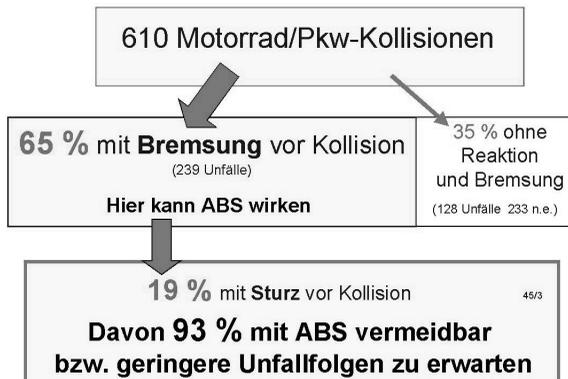


Bild 12: Möglicher positiver ABS-Einsatz bei Pkw/Krad-Kollisionen

In 239 Fällen (65,1%) konnte vor dem Unfall eine Bremsung nachgewiesen werden. Hier ist eine Entschärfung der Unfallsituation durch ein ABS-System prinzipiell möglich.

In 44 Fällen (19%) der Unfälle mit sicher nachgewiesener Bremsung fand als Erstereignis ein Sturz des Krad-Fahrers statt. Hier ist der Einsatz von ABS besonders erfolversprechend (über 90%).

Die Verletzungsfolgen für den Motorradfahrer sind besonders schwer, wenn er vor der eigentlichen Kollision mit dem Auto stürzt (Bild 13).

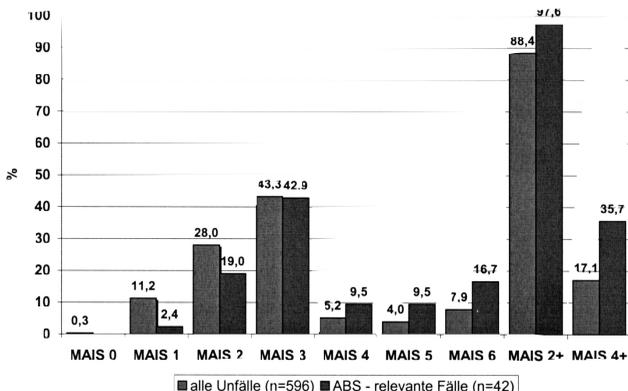


Bild 13: Verletzungsschwere bei Motorradunfällen mit/ohne Sturz

In der Unfallforschung wird die Schwere einer Verletzung in 6 Gruppen unterteilt, die sich an der Überlebenschance orientieren.

Die Gefahr, eine kritische Verletzung von MAIS 4 oder mehr zu erleiden, verdoppelt sich für den Motorradfahrer, wenn er bereits vor dem Zusammenprall mit dem Pkw stürzt. Auch tödliche Verletzungen kommen in dieser Unfallkategorie mehr als zweimal so oft vor. Wie bereits erwähnt, ist für diese Unfallkonstellation der Einsatz von ABS-Bremsanlagen in über 90% der Fälle Erfolg versprechend.

Die durch ABS-Bremsen gewonnene Sicherheit auf dem Motorrad beschränkt sich natürlich nicht auf Krisensituationen zwischen Pkw und Motorrad sondern wirkt sich auch entscheidend bei den Alleinunfällen aus (Bild 14).

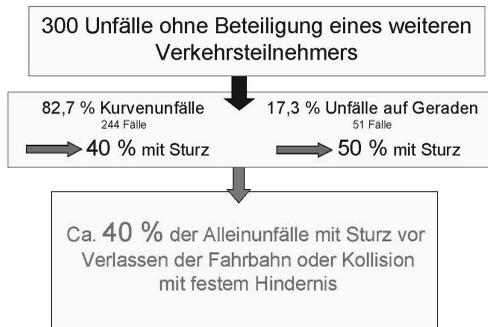


Bild 14: Möglicher positiver ABS-Einsatz bei Motorrad-Alleinunfällen

In etwa 40% der Alleinunfälle wäre eine positive Beeinflussung des Unfallablaufes durch ein ABS-Bremssystem möglich.

5.4 Problem Bremsung: Unfälle ohne Sturz

Das Wirkpotential einer ABS-Bremse bei Motorrädern beschränkt sich jedoch nicht nur auf Unfälle mit Sturz. In 65% aller Kollisionen zwischen einem Motorrad und einem Pkw hat der Motorradfahrer noch Zeit zu bremsen. Selbst ein geübter Fahrer schafft es nicht, die optimal mögliche Verzögerung zu erreichen. Wenn der Fahrer aus Angst vor einer drohenden Vorderradblockade das mögliche Bremspotential nicht 100%ig ausschöpft oder aus eben diesem Grund die Bremse für den Bruchteil einer Sekunde lockert, verliert er wertvolle Zeit, die unter Umständen zwischen Leben und Tod entscheiden kann.

In einem Versuch mit zwei routinierten Stuntmen wurde der Bremsweg einer Maschine ohne ABS und einem Motorrad mit ABS verglichen (Bild 15).

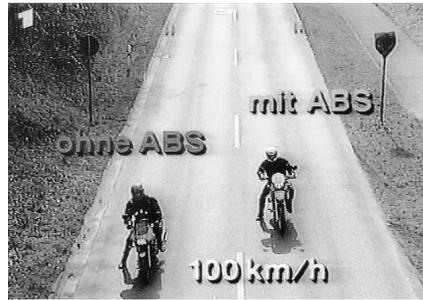


Bild 15: Bremsweg mit/ohne ABS

Beide Maschinen wurden jeweils aus 50 km/h bzw. 100 km/h voll abgebremst. Obwohl der Bremsweg der Maschine ohne ABS theoretisch geringfügig kürzer ausfallen müsste, gelang es dem Fahrer kein einziges Mal, das Motorrad vor der ABS-Maschine zum Stillstand zu bringen. Ein kurzfristiges Unterschreiten des optimalen Bremspotentials oder ein Zögern für einen Sekundenbruchteil genügt, um den Bremsweg spürbar zu verlängern. Es gilt zu beachten, dass dieser Versuch eine kontrollierte Bremsung unter optimalen Voraussetzungen war, als auch keine Schrecksituation für den Fahrer bestand, wie es bei einem realen Unfallgeschehen der Fall ist.

Wenn nun ein Motorradfahrer bei der Gefahrenbremsung das Verzögerungspotential der Bremsanlage komplett ausreizen kann, hätte dies eine deutlich geringere Kollisionsgeschwindigkeit beim Zusammenprall mit dem Pkw und somit erheblich geringere Verletzungen zur Folge (Bild 16).

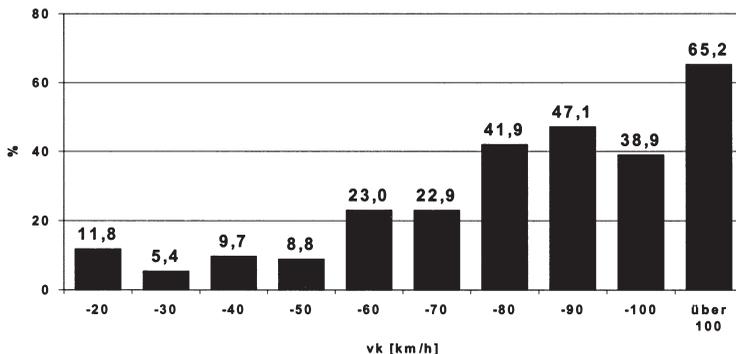


Bild 16: Anteil von Verletzungen MAIS4+ bei Motorradfahrern in Abhängigkeit von vk

Die Minderung der Aufprallgeschwindigkeit um lediglich 10 km/h hätte eine enorme Reduzierung von schwersten Verletzungen bei Motorradfahrern zur Folge.

Außerdem wäre durch den Zusammenstoß von Motorrad und Fahrer in senkrechter Position eine ideale Voraussetzung für den optimalen Einsatz von passiven Schutzmaßnahmen, wie z.B. Airbags, gegeben.

5.5 Wirkerwartung von ABS

Wenn alle Motorräder in Deutschland mit ABS ausgerüstet werden, könnte das Unfallgeschehen in dieser Fahrzeugsparte sowohl in seiner Häufigkeit als auch bei den Folgen beträchtlich reduziert werden (Bild 17).

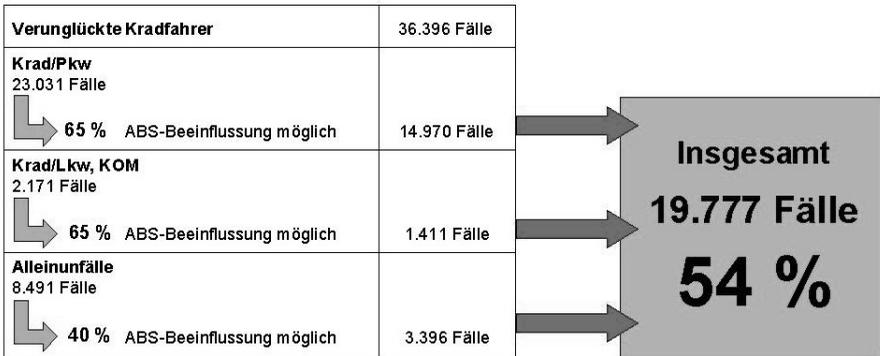


Bild 17: Mögliche Beeinflussung des Unfallgeschehens durch ABS

Bild 17 zeigt, dass 1998 ca. 36.400 Motorradfahrer bei Unfällen verunglückten. In mehr als der Hälfte dieser Unfälle wäre durch ein ABS-System die theoretische Chance einer positiven Beeinflussung des Geschehens gegeben.

6. Verbindung von aktiver und passiver Sicherheit

In Vergleich zum Autoinsassen wird der Motorradfahrer im Straßenverkehr immer einem höheren Unfall- und vor allem Verletzungsrisiko ausgesetzt sein. Zum einen basiert die Fahrstabilität bei einem Einspurfahrzeug ausschließlich auf Kreisel- und Reifenseitenkräfte und auf dem Gleichgewichtssinn des Fahrers und ist somit sehr leicht zu beeinträchtigen. Zum anderen hat das Motorrad keinerlei Knautschzone oder sonstige Schutzelemente, die den Fahrer vor dem direkten Aufprall an den Unfallgegner bzw. andere Hindernissen schützen. Eine Verbesserung nur einer dieser Problembereiche kann im realen Unfallgeschehen nur begrenzt Wirkung zeigen. Die komplette Ausschöpfung des möglichen Schutzpotentials kann nur durch die Kombination von aktiven und passiven Sicherheitselementen erreicht werden.

Was nützen die Anstrengungen der Motorradentwickler durch Gestaltung von Verkleidung, Tank oder Lenker dem Fahrer, bei einem Crash eine möglichst komplikationsfreie Trennung vom Fahrzeug und eine ideale Flugbahn über das Anstoßhindernis zu ermöglichen, wenn er bereits weit vor dem eigentlichen Kollisionspunkt mit sehr hoher Geschwindigkeit wegen einer Schreckbremsung stürzt.

Auch der sehr Erfolg versprechende Einsatz von Airbag-Systemen für das Motorrad, die seit geraumer Zeit in der Entwicklungsphase sind und nun bei Honda Serienreife erreicht haben, können nur dann Wirkung zeigen, wenn das Motorrad zum Kollisionszeitpunkt noch in senkrechter Position ist.

Für alle diese passiven Sicherheitselemente bietet der Einsatz von ABS-Bremsystemen die größtmögliche Chance für eine optimale Wirkungsweise.

Fallbeispiel (Bild 18):

Der Pkw-Fahrer biegt an einer übersichtlichen Abfahrt aus der untergeordneten Straße nach links ab, nachdem er den Querverkehr von rechts passieren ließ. Bei Abbiegen übersieht er jedoch das Motorrad von links. Dieser leitet eine Vollbremsung ein und stürzt durch das blockierende Vorderrad. Mit annähernd 75 km/h prallt er und die Maschine gegen den unteren Bereich der Pkw-Seite. Anschließend rutscht er noch ca. 25 m über die Fahrbahn und bleibt schwer verletzt liegen. Er stirbt im Notarztwagen an schwersten Verletzungen an Kopf, Wirbelsäule, Becken und Oberschenkeln sowie an inneren Verletzungen.

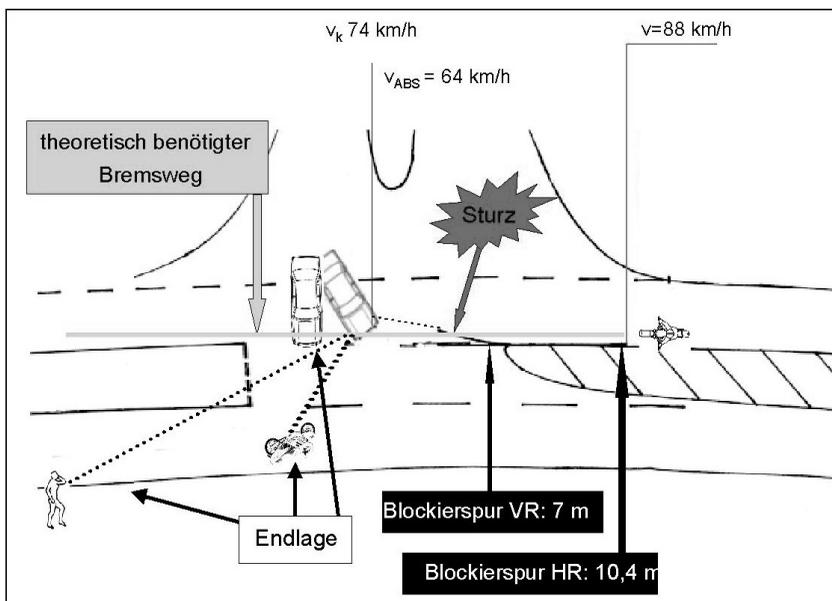




Bild 18: Unfallskizze (oben) und Unfallfoto (S. 75 oben) zum Fallbeispiel

Eine ABS-Bremsanlage hätte für dieses Opfer **zwei** entscheidende Vorteile gehabt.

1. Das Motorrad wäre aufrecht gegen das Auto geprallt. Die Verletzungen, die durch den Zusammenstoß zwischen Motorradfahrer und Auto verursacht wurden, wären unter Umständen komplett vermieden worden.
2. Das Motorrad wäre bei einer Vollbremsung über die ganze verfügbare Strecke mit ca. 65 km/h anstatt mit 75 km/h gegen die Pkw-Seite geprallt. Laut Bild 16 halbiert sich selbst hier beim aktuellen Unfallgeschehen ohne zusätzlichen Einfluss der bereits angesprochenen passiven Sicherheitselemente die Gefahr, eine Verletzung MAIS 4+ zu erleiden.

Wäre dieses Motorrad zusätzlich mit einem Airbag ausgerüstet und die Sturzk kinematik so wie die Anprallintensität des Fahrers noch weiter verbessert worden, hätte der Fahrer diesen Unfall unter Umständen mit harmlosen, aber keinesfalls tödlichen Verletzungen überstehen können.

Dieses Fallbeispiel soll verdeutlichen, welches enorme Schutzpotential beim Motorradunfall bisher weitgehend ungenutzt verschwendet wird. Voraussetzung für eine spürbare Reduzierung der Zahl von getöteten oder schwerverletzten Motorradfahrern ist eine ausgewogene, optimale Kombination von aktiven und passiven Sicherheitselementen. Eines alleine kann nur sehr wenig oder gar nichts bewirken.

7. Forderungen

Das Problembewusstsein für die Bedürfnisse von Motorradfahrern im Straßenverkehr muss deutlich geschärft werden, um eine ernsthafte Reduzierung der Verletzten- und Getötetenzahlen herbeizuführen. Ebenso wie hier aktive und passive Sicherheit nicht getrennt werden dürfen, müssen Verbesserungen in allen beteiligten Sparten der Gesellschaft stattfinden.

7.1 Forderungen an die Motorrad- und Autoindustrie

- Mehrphasige Ausrüstung aller Motorräder mit ABS. In zwei bis drei Stufen (Sportmaschinen → Tourer → alle Motorräder) sollte es realisierbar sein, alle Motorräder in absehbarer Zeit mit ABS auszustatten.
- Kostenreduzierung für optional angebotene ABS-Systeme. Ein Aufpreis von bis zu 2000,- DM für eine ABS-Bremsanlage ist für die Großzahl der Kunden unerschwinglich oder uninteressant.
- ABS-Systeme massiv in die Werbung einbringen. Wie das Beispiel der Pkw-Airbags in der jüngsten Vergangenheit zeigt, herrscht beim Kunden ein enormes Sicherheitsbewusstsein, so dass Schutzsysteme, wenn sie dem Käufer nahe gebracht werden, deren Kaufentscheidung stark beeinflussen können. Auch die Akzeptanz bei den Motorradfahrern könnte so schrittweise erhöht werden.
- Weitere Forschungsbemühungen, um mit ABS-Bremssystemen auch bei Kurvenbremsungen vernünftige Resultate zu erzielen.
- Optimierte Motorradkomponenten (Verkleidung, Lenker, Tankform, Sitzbank, Fußrasten), die eine weitgehend kontrollierte Trennung des Fahrers vom Fahrzeug beim Anstoß ermöglichen, zeigen verschiedenen Crashtests (DEKRA) bereits ein enormes Schutzpotential. Diese Forschungsbemühungen sollten unbedingt fortgesetzt werden.
- Mit einer zusätzlichen Airbagausstattung würde das Verletzungsrisiko für den Motorradfahrer bei einer schweren Pkw-Kollision beträchtlich reduziert. Hier muss noch sehr viel mehr Forschung betrieben werden um diese Systeme zu optimieren und umfassende Serienreife zu erlangen.
- Prallpolster an den seitlichen Pkw-Dachkanten wären eine Möglichkeit, diesen Gefahrenbereich ohne erheblichen Kostenaufwand zu entschärfen. Diese Maßnahme würde auch bei Unfällen mit Fußgängern oder Radfahrern einen positiven Effekt haben.

7.2 Forderungen an Öffentlichkeit und Schulungsmaßnahmen

- Verstärkte Aufklärung über die Wirkungsweise von ABS, um dem gefährlichen „Halbwissen“ bei Motorradfahrern von erster Sekunde an entgegenzuwirken.

- Trainingsmöglichkeiten und praktische Erfahrung mit ABS-Anlagen ermöglichen. Ein intensives Sicherheitstraining im direkten Anschluss oder parallel zur Führerscheinausbildung -für einen geringen Aufpreis- könnte vermutlich eine beträchtliche Zahl von Fahrschülern zu diesen Maßnahmen bewegen. Auch der Einsatz von Fahrsimulatoren wäre hier ein Lösungsansatz.
- Für den Erwerb eines Motorradführerscheins muss in der Prüfung eine Vollbremsung mit 50 km/h gezeigt werden. Ein neuester Trend bei Fahrschulen ist es nun, dem Fahrschüler für diese Übung auf Wunsch eine ABS-Maschine zur Verfügung zu stellen, wenn er aus Unfähigkeit oder Angst nicht in der Lage ist, diese Pflichtaufgabe zu bewältigen. Dieser Entwicklung muss dringendst entgegengewirkt werden. Selbst ein routinierter Fahrer hat gewisse Umstellungsprobleme, wenn er von einem ABS-Motorrad auf eine herkömmliche Maschine umsteigt. Bei einem Fahranfänger stellt dies jedoch eine Gefahr höchsten Grades dar. Deshalb sollte in diesen Fällen unbedingt im Führerschein vermerkt werden, dass diese Person nur Motorräder mit ABS fahren darf.
- Um einem Pkw-Fahrer die Situation des Motorradfahrers zu verdeutlichen, sollte beim Erwerb des Pkw-Führerscheins auch eine gewisse Zweiraderfahrung gelehrt werden. Nur jeder zehnte Autofahrer besitzt auch einen Motorradführerschein und kann deren Bremsverhalten oder Beschleunigungsvermögen einschätzen. Der Einsatz von Simulatoren in den Fahrschulen wäre hier sicher sinnvoll.
- Momentan findet unter den Motorradherstellern ein regelrechtes Hochgeschwindigkeitswettrennen statt. Ein durchschnittlicher Fahrer ist mit dieser brachialen Kraftentfaltung sowie mit den meist sehr scharfen Bremsen zunächst deutlich überfordert. Die Zulassung eines solchen Hochgeschwindigkeitsmotorrades sollte nur möglich sein, wenn ein entsprechendes Fahrertraining nachgewiesen werden kann.
- Auch mit verbesserten Sicherheitselementen am Motorrad muss bei der Gestaltung von Straßen noch viel mehr auf die Bedürfnisse von Motorradfahrern eingegangen werden. Fahrbelag-Ausbesserungen mit Bitumen (30% des Asphaltreibwertes bei Nässe) oder Rollsplitt und viel zu breite Fahrbahnmarkierungen stellen für den Motorradfahrer besonders bei Nässe noch immer eine große Sturzgefahr dar.
- Leitplanken und Begrenzungspfosten sollten zumindest an Unfallhäufungspunkten entschärft werden. Besonders elastische Leitplankensysteme (Bild 19) könnten die Aufprallwucht des Motorradfahrers erheblich mindern. Kostengünstige Polsterungen würden sicherlich ebenfalls einen gewissen Schutzeffekt bewirken.

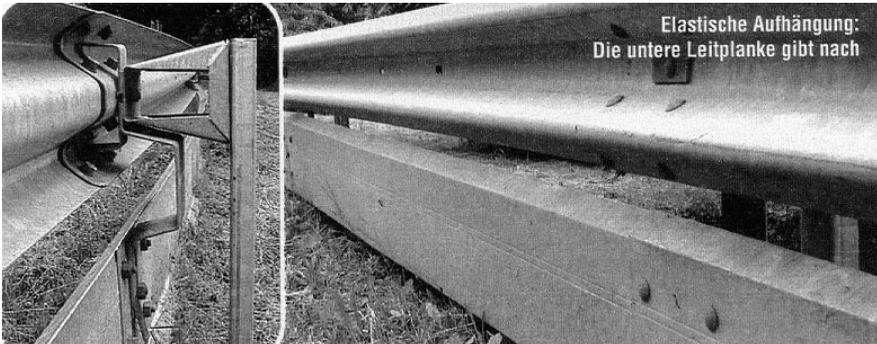


Bild 19: Beispiel für elastische Leitplankensysteme

- Aufklärungskampagnen sowie eine bessere Verkaufsberatung könnten verhindern, dass ein Kunde ein Motorrad erwirbt, welches für ihn und den Einsatzzweck vollkommen ungeeignet ist. So sind beispielsweise viele Sportmaschinen für den alltäglichen Stadtverkehr ausgesprochen untauglich.

7.3 Forderungen an den Motorradfahrer

- Objektive Beurteilung des eigenen Fahrvermögens, da beispielsweise die höchstgefährlichen Alleinunfälle in fast allen Fällen auf ein grobes Fehlverhalten oder Überschätzung des Fahrers zurückzuführen sind.
- Aufklärung über Auswirkung von Notfall-Reaktionen.
- Akzeptanz von angebotenen Bremssystemen mit Blockierverhinderer.

8. Zusammenfassung

Nach bisher stetigem Rückgang der Unfall- und Getötetenzahlen bei Motorradfahrern stiegen diese im Jahr 1999 erstmals dramatisch an. Dies unterstreicht einen dringenden Handlungsbedarf in dieser Unfallsparte, um diesem Trend entgegenzuwirken. Beim Motorrad-Alleinunfall ist die Gefahr, schwer oder tödlich verletzt zu werden, am größten. Der Motorrad/Pkw-Unfall ist die häufigste Unfallart, wobei hier der Pkw-Fahrer in der Vergangenheit immer deutlicher den Hauptverursacher darstellt. Um die häufigen Verletzungen an den unteren Extremitäten und die schwersten und tödlichen Verletzungen am Kopf des Motorradfahrers effektiv zu reduzieren, muss sowohl auf dem Gebiet der Unfallfolgenreduzierung als auch Unfallvermeidung das vorhandene Sicherheitspotential noch stärker genutzt werden. Eine Erhöhung der passiven Sicherheit fand in der Vergangenheit eher bei der

Zubehörindustrie (Kleidung, Helme) statt. Von der Weiterentwicklung von beispielsweise Airbagsystemen für Motorräder oder Fahrzeugkomponenten, die ein komplikationsfreies Lösen des Fahrers bei der Kollision gewährleisten, ist noch ein großer Sicherheitsgewinn zu erwarten. Bei der Unfallvermeidung wurde vor allem bei der Bremsentechnik beachtliche Fortschritte gemacht. Dies birgt jedoch auch eine nicht zu vernachlässigende Gefahr. Durch die gewaltige Bremskraft, die moderne Maschinen zur Verfügung stellen, ist die Gefahr, bei einer Panikbremsung aufgrund einer Vorderradblockade zu stürzen, stark erhöht. Doch gerade bei Unfällen mit Sturz vor der eigentlichen Kollision treten schwere und tödliche Verletzungen überdurchschnittlich häufig auf. Eine Bremsanlage, die ein Blockieren des Vorderrades verhindert, stellt einen enormen Sicherheitsgewinn dar. Ein weiterer positiver Effekt von ABS-Bremsen ist, dass dem Motorradfahrer die Angst vor der Vollbremsung und einem möglichen Sturz genommen wird. Dies hat zur Folge, dass in der Realität der Bremsweg eines ABS-Motorrades immer kürzer sein wird, als bei einer Maschine mit herkömmlichen Verzögerungssystemen. Für den Motorradfahrer ergeben sich somit zwei entscheidende Vorteile. Er kann den zur Verfügung stehenden Bremsweg komplett nutzen und trifft, wenn der Unfall nicht vermieden werden kann, mit deutlich geringerer Geschwindigkeit auf den Gegner. In diesem Fall prallt er in aufrechter Position gegen das Hindernis, so dass für passive Sicherheitselemente (z.B. Airbags) eine optimale Wirkvoraussetzung gegeben ist.

Somit sind bei über 50% des gesamten Motorradunfallgeschehens die theoretischen Voraussetzungen für eine Beeinflussung durch ein ABS-System gegeben. Krisensituationen mit Sturz vor dem Zusammenprall wären zu über 90% vermeidbar oder zumindest deutlich harmloser im Verlauf.

Die ABS-Ausstattung aller Motorräder auf deutschen Straßen sollte demnach unbedingt angestrebt werden.

Literatur

- [1] Statistisches Bundesamt Wiesbaden, Fachserie 8: Verkehr, Reihe 7: „Verkehrsunfälle“, Verlag Metzler-Poeschel, Stuttgart
- [2] Lechner, Matthias: Der Zweirad-Alleinunfall, Allianz Zentrum für Technik, Deutschland, München, 1986
- [3] A. Sporner, J. Polauke: „Pkw/Motorradkollisionen – Ansatzpunkte für die Bewertung der Risikoexponierung“, GDV, Institut für Fahrzeugsicherheit, Deutschland, München, 1996
- [4] D. Otte, E. Suren: Verletzungen und deren Langzeitfolgen bei verunfallten motorisierten Zweiradbenutzern, MHH, Institut für Zweiradsicherheit, Deutschland, Bochum, 1986
- [5] G. Thöle: „Service Special: Helme“, Zeitschrift: Motorrad, Ausgabe 10/1999, Deutschland, Stuttgart, 1999
- [6] Homepage „Motorradmagazin“, HYPERLINK <http://motorradmagazin.de/Kleidung/Kleidung4.htm>, August 2000
- [7] A. Sporner, K. Langwieder, J. Polauke: Passive Sicherheit am Motorrad. Kritische Beurteilung der Einsatzmöglichkeiten von Airbags, HUK-Verband, Institut für Zweiradsicherheit e.V., Deutschland, Bochum, 1987
- [8] J. Stoffregen: Vorlesungsskript „Motorradtechnik“ – Grundlagen und Konzepte von Motor, Antrieb und Fahrwerk, 3. Auflage, Braunschweig / Wiesbaden, 1999

**Reproduzierbarkeit von Motorrad-Crashtests
am Beispiel der Konfiguration 413 nach ISO 13232**

***Exemplary Investigation of the Repeatability of Motorcycle
Crash Tests (Configuration 413 according to ISO 13232)***

F. Alexander Berg
Heiko Bürkle
Markus Groer

DEKRA Automobil GmbH
Unfallforschung/Crashzentrum
Stuttgart

Abstract

The standard ISO 13232 defines among other things seven full-scale crash tests for motorcycles. Today manufacturers worldwide take this standard into account for the development of new motorcycles. In this context, the repeatability of such tests and their results is of great interest. Our article contributes to this subject with the description and discussion of two tests executed with equivalent vehicles according to configuration 413 ISO 13232.

In each test the motorcycle was a Yamaha GTS 1000. It hit perpendicularly the front passenger door of a Fiat Tipo. The collision velocities were 48 km/h for the motorcycle and 24 km/h for the car. The motorcycle rider was a Dummy Hybrid III. The number of occupant loads measured here were below those of an "Anthropometric Impact Dummy" as described in ISO 13232. But since the ISO 13232 dummy is based on a Hybrid III, its motion behaviour (as part of the biofidelity), the measurement of accelerations in the head, chest and pelvis as well as of forces and bending moments in the neck and of forces in the femur are equal or at least very similar.

The movements and impacts are the main aspects of the comparison of the two tests. Most interesting is the phase between the initial impact of the motorcycle front wheel on the side of the car and the impact of the dummy on the car. Then follows immediately the second phase up to the separation of motorcycle and car. Afterwards the dummy loads are presented, discussed and compared to one another. The damages to both the car and the motorcycle are dealt with as well.

Die Norm ISO 13232 definierte unter anderem sieben Full-Scale-Crashtests für Motorräder. Sie wird heute weltweit bei der Entwicklung neuer Motorräder beachtet. Dabei ist die Reproduzierbarkeit solcher Versuche und ihrer Ergebnisse relevant. Hierzu werden im Beitrag zwei mit jeweils gleichen Fahrzeugen nach Konfiguration 413 ISO 13232 durchgeführte Versuche dargestellt und diskutiert.

Versuchs-Motorrad war jeweils eine Yamaha GTS 1000. Es stieß im rechten Winkel gegen die Beifahrerseite eines Fiat Tipo. Dabei betrug die Kollisionsgeschwindigkeit des Motorrades 48 km/h, die des Personenkraftwagens 24 km/h. Das Motorrad war mit einem Dummy Hybrid III besetzt. Dadurch wurden weniger Aufassenbelastungen gemessen als dies mit einem sogenannten "Anthropometric Impact

Dummy” nach ISO 13232 vorgesehen ist. Da der in ISO 13232 beschriebene Dummy auf dem Hybrid III basiert, ist sein Bewegungsverhalten, die Messung von Beschleunigungen in Kopf, Brust und Becken, von Kräften und Momenten im Hals sowie von Kräften in den Oberschenkeln gleich bzw. sehr ähnlich.

Das Hauptaugenmerk des Vergleichs beider Versuche liegt auf den Bewegungen und Anprallereignissen. Dabei interessiert zunächst die erste Phase vom Kollisionsbeginn bis zum Anprall des Dummys am Personenkraftwagen. Direkt anschließend folgt die zweite Phase bis zur Trennung von Motorrad und Personenkraftwagen. Ergänzend werden die gemessenen Dummy-Belastungen dargestellt, diskutiert und verglichen. Auf die an den Fahrzeugen entstandenen Beschädigungen wird ebenfalls eingegangen.

La norme ISO 13232 définit, entre autre, sept “full-scale crash tests” (test complet) concernant les motos. Elle est respectée, sur le plan mondial, lorsqu’il s’agit du développement des motos. La reproductibilité des essais et leurs résultats y sont significatifs. A cet effet, deux essais avec deux véhicules identiques (configuration 413, ISO 13232) seront présentés et commentés dans l’article.

La moto de test était dans les deux cas, une Yamaha GTS 1000. Elle rentra en collision, en angle droit, dans le côté passager d’une Fiat Tipo. La vitesse de collision était de 48 km/h pour la moto et de 24 km/h pour la voiture. La moto était dépourvue d’un dummy “Hybrid III”, ce qui donne moins de données de mesure concernant les charges qui pèsent sur les occupants qu’un “Anthropometric Impact Dummy” (ISO 13232). Le dummy décrit par ISO 13232 étant basé sur le “Hybrid III”, ses mouvements, les résultats des accélérations qui agissent sur la tête, la poitrine et le bassin, les forces et les moments agissant sur le cou et les forces agissant sur les cuisses sont très similaires, voire identiques.

L’attention principale de la comparaison des deux essais est dirigée sur les mouvements et les incidents de la collision. Le premier point d’intérêt est la phase initiale du début de l’impact jusqu’à la collision du dummy avec la voiture. Suit immédiatement la deuxième phase jusqu’à la séparation de moto et de voiture. En supplément, les charges sur les dummies sont présentées, commentées et comparées, de même que les dommages aux véhicules.

1 Einleitung

1 Introduction

Mit Personenkraftwagen werden schon seit mehreren Jahrzehnten Crashtests durchgeführt, um die Belastungen der Insassen zu untersuchen und so gering wie möglich zu halten. Im Gegensatz dazu ist die Durchführung von Crashtests zur Untersuchung der passiven Sicherheit von Motorrädern relativ neu. Seit Anfang der 90er Jahre wurde hierfür der Standard ISO 13232 entwickelt [2]. Die erste Ausgabe von ISO 13232 erschien im Dezember 1996 [4]. Der Standard wird heute von den Motorradherstellern weltweit beachtet [3]. In Teil 2 und Teil 6 von ISO 13232 werden sieben "full scale impact test procedures" beschrieben. Dabei stoßen Motorräder und Personenkraftwagen in verschiedenen Konstellationen zusammen.

Um die Ergebnisse von Crashtests miteinander vergleichen und sicher interpretieren zu können, ist deren Reproduzierbarkeit von entscheidender Bedeutung. Dies ist besonders in-teressant bei der Simulation von Motorrad/Personenkraftwagen-Kollisionen mit komplexen Bewegungsabläufen. Vor diesem Hintergrund wurden mit jeweils gleichen Fahrzeugen zwei Full-Scale-Crashtests nach ISO 13232, Konfiguration 413, durchgeführt. Im Hinblick auf die Reproduzierbarkeit wurden die Bewegungsabläufe während der Kollision, die zugehörigen Anprallereignisse, die gemessenen Dummy-Belastungen sowie die entstandenen Beschädigungen der Fahrzeuge verglichen und diskutiert.

2 Versuchsaufbau

2 Test set up and procedure

2.1 Konfiguration 413 nach ISO 13232

2.1 Configuration 413 according to ISO 13232

Mit Konfiguration 413 nach ISO 13232 wird eine Kreuzungskollision zwischen einem Personenkraftwagen und einem Motorrad simuliert, **Bild 1**. Diese Konfiguration ist im realen Unfallgeschehen besonders häufig zu finden [1]. Bei Beginn der Kollision bilden die Längsachsen der Fahrzeuge den Winkel $90^\circ (\pm 3^\circ)$. Die Erstberührung des Motorrad-Vorderreifens mit dem Pkw erfolgt auf der Beifahrerseite in der Mitte der Fahrzeuglänge. Die Konfiguration 413 kann sowohl mit einem stehenden als auch mit einem bewegtem Personenkraftwagen durchgeführt werden. Dabei beträgt die Kollisionsgeschwindigkeit des Motorrades stets 48 km/h ($\pm 5\% = \pm 2,4$ km/h). Im Fall des Versuchs mit bewegtem Personenkraftwagen beträgt dessen Kollisionsgeschwindigkeit 24 km/h ($\pm 5\% = \pm 1,2$ km/h). Beim Versuch mit stehendem Personenkraftwagen darf die Stelle der Erstberührung des Motorrad-Vorderrades 5 cm vor bzw. hinter der Fahrzeugmitte liegen. Für den Versuch mit bewegtem Personenkraftwagen beträgt die entsprechende Toleranz 15 cm.

Für die beiden durchgeführten Versuche ist die Variante mit zwei bewegten Fahrzeugen gewählt worden. Der erste Test erhielt die Versuchsnummer SH 99.27. Dem zweiten Test wurde die Versuchsnummer SH 99.32 zugeordnet.

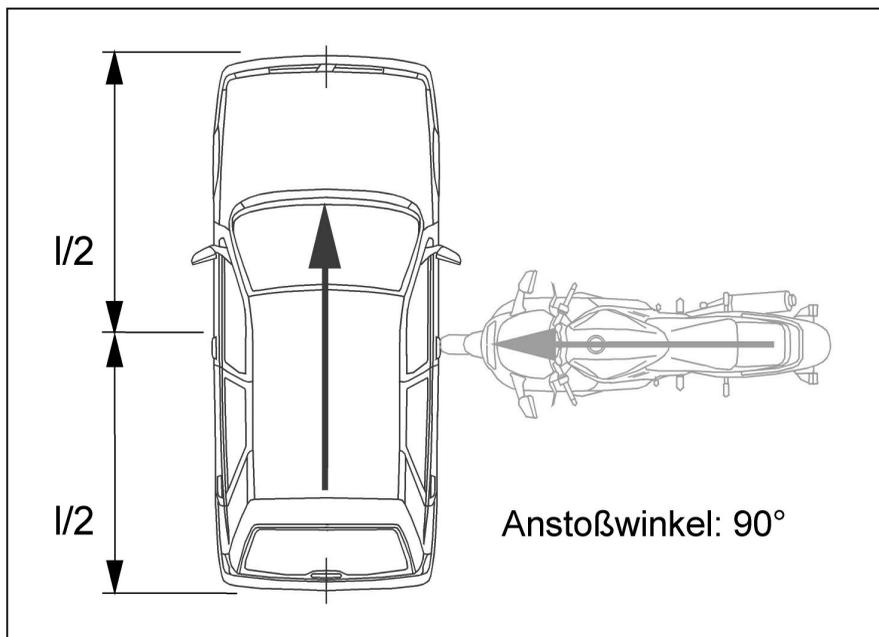


Bild 1 Konfiguration 413 nach ISO 13232
Fig. 1 Configuration 413 according to ISO 13232

2.2 Fahrzeuge

2.2 Vehicles

Als Personenkraftwagen schreibt ISO 13232 einen Toyota Corolla (viertürige Limousine, Modelljahr 1988 bis 1990) vor. Dessen Testmasse soll 1100 kg (± 20 kg) betragen. In der Versuchspraxis wird hiervon häufig abgewichen, weil das geforderte Testfahrzeug in Europa nicht beliebig verfügbar ist. Bei den Versuchen SH 99.27 und SH 99.32 wurde stattdessen jeweils ein Pkw Fiat, Modell Tipo, mit 1106 kg Versuchsgewicht eingesetzt, **Bild 2** links. Dieses Fahrzeug ist 3,86 m lang, sein Radstand beträgt 2,54 m. Aus den gemessenen Achslasten ergab sich eine Lage des Fahrzeugschwerpunktes 1,12 m hinter der Vorderachse.

Als Motorrad kam eine Yamaha GTS 1000 A zum Einsatz, Bild 2 rechts. Dieses Fahrzeug ist insgesamt 2,17 m lang, der Radstand beträgt 1,49 m, als Versuchs-

gewicht wurden 376 kg gemessen, dabei lag der Schwerpunkt 0,76 m hinter der Vorderachse.

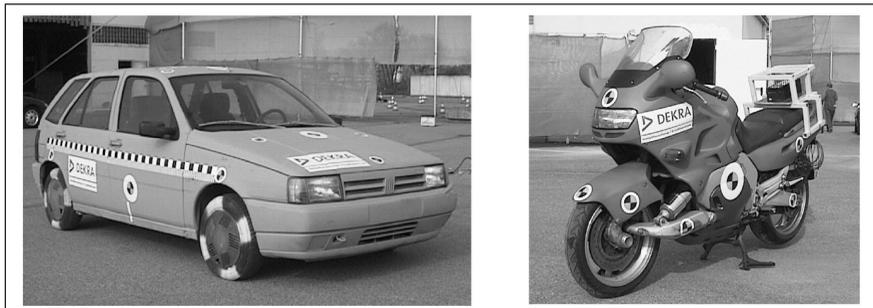


Bild 2 Versuchsfahrzeuge

Fig. 2 Test vehicles

2.3 Dummy

2.3 Dummy

Stellvertretend für den Aufsassen des Motorrades wurde ein Dummy Hybrid III (50th percentile male) in der Version „stehende Puppe“ verwendet. In ISO 13232 ist als Motorrad-Aufsasse ein sogenannter “Anthropometric Impact Dummy” gefordert. Ein solcher Dummy ist als MATD (Motorcycle Anthropometric Test Device) zwar verfügbar, konnte jedoch für die Versuche SH 99.27 und SH 99.32 nicht genutzt werden. Der in ISO 13232 beschriebene Dummy basiert (ebenso wie der MATD) auf einem Hybrid-III-Dummy. Zu den Modifikationen des MATD gehören seine brechbaren Ober- und Unterschenkel-Knochen und verschiebbare Mess-elemente in den Knien. Der MATD verfügt über einen Hals mit sechs Messkanälen, der Hals des bei den Tests SH 99.27 und SH 99.32 verwendeten Hybrid-III-Dummys war mit drei Messkanälen ausgestattet.

Durch die Verwendung des Standard-Dummys Hybrid III fielen bei den Tests SH 99.27 und SH 99.32 weniger Dummy-Belastungswerte an als dies bei Verwendung eines MATD der Fall gewesen wäre. Gleichwohl sind die gemessenen Dummy-Belastungen und insbesondere auch das Bewegungsverhalten des Dummys mit seinen Anprallkontakten bei beiden Tests miteinander vergleichbar und interpretierbar.

Als Bekleidung des Motorradfahrer-Dummys fordert ISO 13232 baumwollene Unterwäsche und darüber einen Motorradfahrer-Schutzanzug. Des Weiteren sind Lederstiefel und ein Schutzhelm (Bieffe B 10) vorgeschrieben. Dem wurde bei den Versuchen SH 99.27 und SH 99.32 mit Baumwoll-Unterwäsche, Lederschutz-

bekleidung, Lederstiefeln und einem geeigneten Helm (Premier, X-Chain) entsprechen. **Bild 3** zeigt den Dummy im versuchsfertigen Zustand auf dem Motorrad bei Versuch SH 99.27.



Bild 3 Dummy auf dem Motorrad in versuchsfertigem Zustand
Fig. 3 Dummy sitting on motorcycle in position ready for test

2.4 Kollisionsgeschwindigkeiten und Erstkontakte

2.4 Collision speed and initial impacts

Die unmittelbar vor dem Erstkontakt des Motorrad-Vorderrades am Personenkraftwagen gemessenen Geschwindigkeiten der beiden Kollisionspartner sind in **Tabelle 1** aufgelistet. Sie betragen für das Motorrad 47,7 km/h bzw. 48,4 km/h und liegen damit weit innerhalb des zulässigen Toleranzfeldes $48 \text{ km/h} \pm 2,4 \text{ km/h} = 45,6 \dots 50,4 \text{ km/h}$. Gleiches gilt für die Kollisionsgeschwindigkeiten des Personenkraftwagens von 23,9 km/h bzw. 24,2 km/h innerhalb des Toleranzfeldes $24 \text{ km/h} \pm 1,2 \text{ km/h} = 22,8 \dots 25,2 \text{ km/h}$.

<u>Kollisionsgeschwindigkeiten:</u>		
Versuch:	SH 99.27	SH 99.32
Fiat Tipo	23,9 km/h	24,2 km/h
Yamaha GTS:	47,7 km/h	48,4 km/h

Tabelle 1 Gemessene Geschwindigkeiten der Kollisionspartner bei den Versuchen SH 99.27 und SH 99.32

Table 1 Measured impact speeds of the vehicles in the tests SH 99.27 and SH 99.32

Bei Beginn der Kollision bildeten die Fahrzeuglängsachsen die Winkel 90° bzw. 89° . Auch hier wurde die von der Norm geforderte Toleranz $90^\circ \pm 3^\circ = 87 \dots 93^\circ$ gut eingehalten.

Die Stellen des Erstanstoßes des Motorrad-Vorderrades am Personenkraftwagen sind in **Bild 4** am schwarzen Gummiabrieb deutlich zu erkennen. Das durch weißes Klebeband markierte Target wurde bei Versuch SH 92.32 nahezu exakt getroffen. Bei Versuch SH 99.27 war der Erstanstoß um 5 cm nach hinten versetzt. Die Toleranz 15 cm ist auch hierbei noch gut eingehalten worden. Der Versatz des Erstanstoßes spiegelt sich auch im Ort des Kopfanpralles vom Dummy an der Dachkante des Personenkraftwagens wider, **Bild 5**. Während der Dummy-Kopf bei Versuch SH 99.27 hinter der B-Säule in einem relativ weichen Bereich oberhalb der Scheibe anprallte, erfolgte der Kopfanprall bei Versuch SH 99.32 in einem härteren Bereich direkt oberhalb der B-Säule.

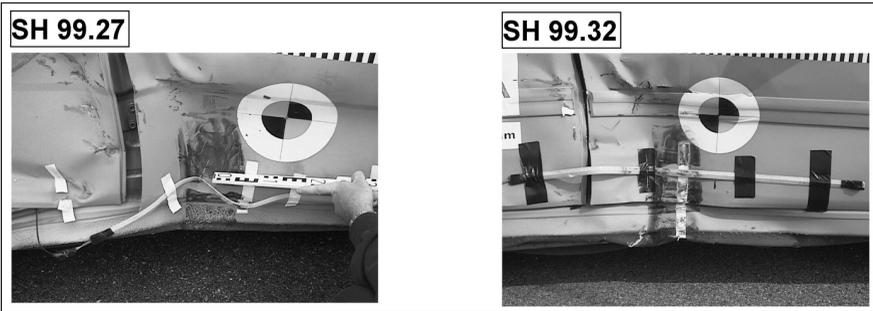


Bild 4 Stellen des Erstanstoßes des Motorrad-Vorderrades am Personenkraftwagen
Fig. 4 Points of initial impact of the motorcycle front wheel at the car

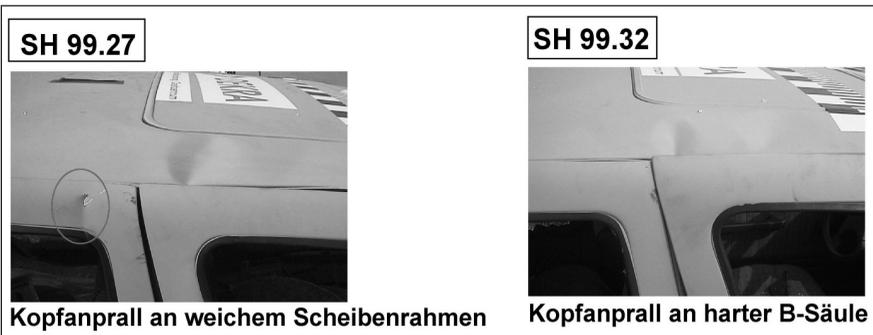


Bild 5 Anprallstellen des Dummy-Kopfes am Personenkraftwagen
Fig. 5 Points of impact of the dummy head at the car

3 Bewegungsabläufe

3 Order of the Movements

Bei beiden Versuchen SH 99.27 und SH 99.32 war der anhand von Filmaufnahmen zu beobachtenden Bewegungsablauf des Personenkraftwagens nahezu gleich. Nach dem Beginn des Anstoßes des Motorrad-Vorderrades unterhalb des Schwerpunktes im Bereich des Schwellers wankte das Fahrzeug mit deutlicher Einfederung der Räder auf der dem Anstoß zugewandten Seite. Der Kopf prallte somit gegen eine gegenüber dem Ausgangszustand abgesenkte Dachkante. Im weiteren Ablauf erfolgte eine Umkehrung der Wankbewegung des Personenkraftwagens mit Ausfederung der Räder auf der anstoßzugewandten Seite.

Nach dem Eindringen des Motorrades in die seitliche Struktur des Personenkraftwagens bewegte sich dessen Heck in einer kreisförmigen Bewegung in Fahrtrichtung gesehen nach links. Dabei lag der Drehpunkt zwischen den Vorderrädern.

Per Funk wurde ca. 3 m nach dem Kollisionsbeginn die Bremsung des Personenkraftwagens eingeleitet. Danach fuhr das Fahrzeug gebremst in seine Endposition.

Bei beiden Versuchen SH 99.27 und SH 99.32 fand der Kopfanprall des Dummys an der Dachkante des Personenkraftwagens jeweils bei $t = 96$ ms nach dem Anstoßbeginn des Motorrad-Vorderrades an der Seite des Personenkraftwagens ($t = 0$) statt, **Bild 6**. Die Filmauswertung der Dummy-Bewegungsbahnen bei beiden Versuchen lässt typische Verläufe in dieser ersten Phase erkennen: Kopf und Schulter bewegen sich annähernd gerade und horizontal. Die Bewegungsbahn der Hüfte wird beim Überrautschen des Tanks nach oben umgelenkt. Eine überlagerte Rotation des Oberkörpers kompensiert jedoch diese Aufwärtsbewegung der Hüfte, so dass hieraus keine Anhebung von Schulter und Kopf des Dummys entsteht.

Die Bewegung des Motorrades verlief bei beiden Versuchen ebenfalls typisch für derartige Anstoßkonstellationen. Im Moment der maximalen Eindringung des Motorrad-Vorderrades in die seitliche Struktur des Personenkraftwagens begann das Hinterrad des Motorrades auszufedern. Es hob dann im weiteren Ablauf von der Fahrbahn ab. Dabei erfolgte eine überlagerte Drehbewegung des Motorrades um seine Hochachse in Fahrtrichtung gesehen nach links. Diese Drehung endete jeweils mit dem vollständigen Kontakt der linken Seite des Motorrades und der dem Anstoß zugewandten rechten Seite des Personenkraftwagens.

Bei Versuch SH 99.32 trennten sich Motorrad und Personenkraftwagen zum Zeitpunkt $t = 241$ ms. Bei Versuch SH 99.27 war dies bei $t = 376$ ms deutlich später der Fall. Zurückzuführen ist der zeitliche Unterschied auf einen nachfolgend noch beschriebenen Achsschenkelbruch des Motorrades bei Versuch SH 99.27. Das Motorrad verblieb hierdurch beim Eindringen in die seitliche Struktur des Personenkraftwagens etwas länger in der überwiegend vorwärts gerichteten Bewegung und die Rotationsbewegung des Motorrades um seine Hochachse wurde erst später eingeleitet.

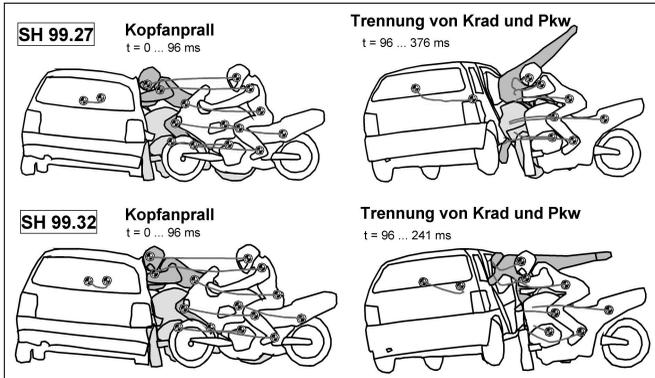


Bild 6 Per Filmauswertung ermittelte Trajektorien von Targets am Dummy und am Motorrad
Fig. 6 Trajectories of targets at dummy and motorcycle as they result from film evaluations

Die in **Bild 7** zusammengestellten zeitgleich aufgenommenen Bildsequenzen veranschaulichen den Ablauf der Kollision bei beiden Versuchen nochmals. Der Dummy erreichte seine Endlage jeweils hinter dem auf der Seite in seine Endposition rutschenden Motorrad.

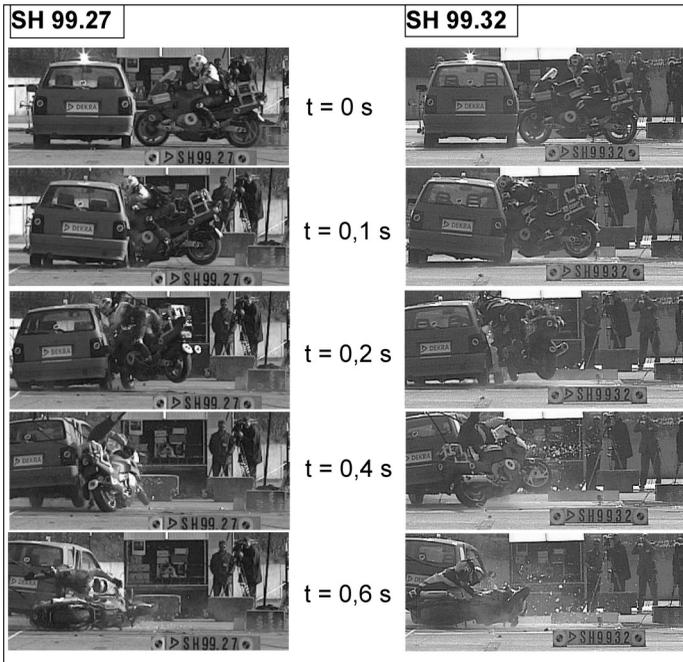


Bild 7 Abläufe der Kollisionen **Fig. 7** Course of the collisions

4 Fahrzeugbeschädigungen

4 Vehicle damages

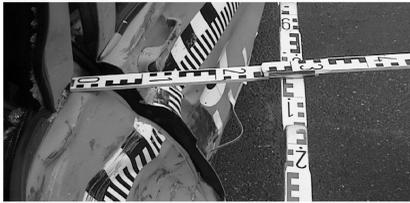
Die an der Seite des jeweiligen Personenkraftwagens bei den beiden Versuchen entstandenen Beschädigungen zeigt **Bild 8** im vergleichenden Überblick. **Bild 9** veranschaulicht die tiefsten Eindringungen am Schweller, an der Tür und im Bereich der B-Säule.

Bei beiden Versuchen verursachte der Anstoß der Verkleidung in Höhe des Scheinwerfers die tiefste Eindringung in die seitliche Struktur des Personenkraftwagens. Die maximale Deformationstiefe betrug 260 mm bei Versuch SH 99.32 und lag direkt an der B-Säule unmittelbar unterhalb der Fensterlinie. Bei Versuch SH 99.27 betrug die maximale Eindringung 270 mm und war hier zwar in gleicher Höhe, jedoch hinter der B-Säule zu finden. Dies entspricht dem um 5 cm nach hinten versetzten Erstanprall des Motorrad-Vorderrades bei Versuch SH 99.27. Direkt an der B-Säule wurde bei diesem Versuch die Eindringtiefe 220 mm gemessen.

Die tiefste Beschädigung am Schweller entstand beim Anstoß des Motorrad-Vorderrades zu Beginn der Kollision. Im weicheren Bereich vor der B-Säule drang bei Versuch SH 99.32 das Vorderrad mit 140 mm tiefer ein als bei Versuch SH 99.27, bei dem das Vorderrad die steifere Wurzel der B-Säule traf. Hier ist die Eindringtiefe 120 mm gemessen worden.



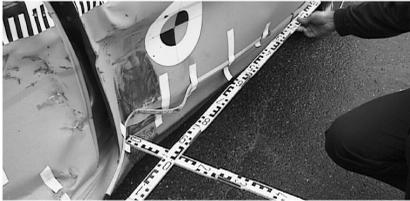
Bild 8 An den Personenkraftwagen entstandene Beschädigungen im Überblick
Fig 8 Overview of car damages

SH 99.27

270 mm an der hinteren Tür
220 mm an der B-Säule

SH 99.32

260 mm an der B-Säule



Schweller: 120 mm eingedrückt



Schweller: 140 mm eingedrückt

Bild 9 Eindringtiefen an der Beifahrerseite der Personenkraftwagen

Fig. 9 Intrusion depth at the front passenger side of the car

Die Beschädigungen an den Motorrädern sind in **Bild 10** und **Bild 11** zu erkennen. Im Bereich von Lenkung und Vorderradführung, die bei der Yamaha GTS 1000 als Achsschenkel ausgeführt ist, ergaben sich deutliche Unterschiede. Beim Versuch SH 99.27 ist der Achsschenkel gebrochen. Zudem brach hier das Felgenhorn des Motorrad-Vorderrades. Dies korrespondiert mit der härteren Anstoßstelle des Motorrad-Vorderrades an der Wurzel der B-Säule des Personenkraftwagens. Als Folge des Achsschenkelbruchs wurden das dahinterliegende Federbein verbogen und die Verkleidung des Motorrades mehr beschädigt als bei Versuch SH 99.32.

Der Bruch des Achsschenkels ist auch die Ursache der später einsetzenden Rotation des Motorrades bei Versuch SH 99.27 im Vergleich zu Versuch SH 99.32. Die Endlagen der beiden Motorräder waren trotzdem ähnlich. Am Personenkraftwagen ist bei Versuch SH 99.27 durch das Eindringen und Abgleiten des gebrochenen Achsschenkels unten an der hinteren rechten Tür eine korrespondierende Beschädigung entstanden (vergleiche Bild 8).

Am Motorrad riss bei beiden Versuchen die Lenkspindel ab, wodurch jeweils das Vorderrad lose wurde. Außer im Frontbereich wurden die Motorräder an Tank und Auspuff beschädigt. Hier waren keine bedeutsamen Unterschiede zu erkennen.

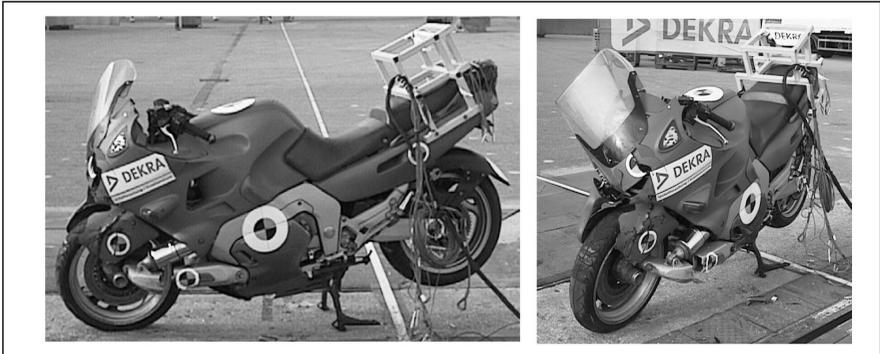


Bild 10 Beschädigungen am Motorrad bei Versuch SH 99.27
Fig. 10 Damages to the motorcycle at test SH 99.27



Bild 11 Beschädigungen am Motorrad bei Versuch SH 99.32
Fig. 11 Damages to the motorcycle at test SH 99.32

5 Gemessene Dummy-Belastungen

5 Measured dummy loads

Die bei beiden Versuchen am Motorradfahrer-Dummy gemessenen Belastungen zeigt **Tabelle 2** in der Übersicht. Dargestellt sind für die Verzögerungen und Kräfte jeweils deren Maximalwerte sowie die 3-ms-Werte bzw. 45-ms-Werte.

Die Flexionsbelastung des Halses beträgt 59 Nm bei Versuch SH 99.32 und liegt damit geringfügig über dem zugehörigen empfohlenen biomechanischen Grenzwert 57 Nm. Im Gegensatz dazu beträgt bei Versuch SH 99.27 dieses Moment nur 33,6 Nm. Dies korrespondiert mit dem Anprall des Kopfes an der härteren Stelle im Dachrahmen oberhalb der B-Säule bei Versuch SH 99.32. Die Betrachtung der

Filmaufnahmen zeigt, dass der Kopf und damit auch der Hals beim Anprall an der Dachkante des Personenkraftwagens bei Versuch SH 99.27 gestaucht und bei Versuch SH 99.32 verdreht wird. Entsprechend war bei Versuch SH 99.27 der 45-ms-Wert der Halsdruckkraft $F_z = 1,03$ kN größer als bei Versuch SH 99.32 ($F_z = 0,43$ kN). Der zugehörige empfohlene Grenzwert beträgt 1,1 kN und wurde nicht erreicht.

Messgröße	SH 99.27		SH 99.32		Biomechanischer Grenzwert
	Maximal-Wert	3 ms-Wert (45 ms-Wert)	Maximal-Wert	3 ms-Wert 45 ms-Wert)	
Resultierende Kopfbeschleunigung	48,6 g	40,4 g	91,6 g	66,0 g	3 ms-Wert 80 g
HIC	163		293		1000
Halsbiegemoment M_{by}	-33,6 Nm 21,7 Nm		-59,0 Nm 11,0 Nm		-57 Nm Retroflexion
Halskraft F_x	-1,1 kN 0,6 kN	0,44 kN (45 ms)	-1,4 kN 0,2 kN	0,51 kN (45 ms)	45 ms-Wert +/-1,1 kN
Halskraft F_z	-1,5 kN 1,7 kN	1,03 kN (45 ms)	-2,8 kN 0,8 kN	0,43 kN (45 ms)	45 ms-Wert +/-1,1 kN
Resultierende Brustbeschleunigung	18,6 g	18,2 g	21,9 g	20,8 g	3 ms-Wert 60 g
SI	72		66		1000
Brustdeflektion	-10,5 mm		-16,3 mm		50 mm
Resultierende Beckenbeschleunigung	41,3 g	22,3 g	29,1 g	28,7 g	3 ms-Wert 60 g
Oberschenkelkraft links	-8,1 kN 0,9 kN		-2,8 kN 1,5 kN		-10 kN
Oberschenkelkraft rechts	-3,3 kN 4,1 kN		-1,9 kN 2,9 kN		-10 kN

Tabelle 2 Gemessene Dummy-Belastungen

Tab. 2 Measured dummy loads

Deutlich unterschiedlich sind auch die resultierenden Kopfbeschleunigungen mit $a_{3ms} = 66,0$ g bei Versuch SH 99.32 und $a_{3ms} = 40,4$ g bei Versuch SH 99.27. Entsprechend beträgt das Kopfverletzungskriterium $HIC = 293$ bei Versuch SH 99.32 und $HIC = 163$ bei Versuch SH 99.27. Ursache hierfür ist wiederum die härtere Kopfaufprallstelle an der Dachkante des Personenkraftwagens bei Versuch SH 99.32. Die zugehörigen Grenzwerte betragen $a_{3ms} = 80$ g bzw. $HIC = 1000$. Verglichen damit liegen die Kopfbelastungen bei beiden Versuchen deutlich im unterkritischen Bereich.

Der erhöhte Wert der Oberschenkelkraft links $F = -8,1$ kN (Druckbelastung) bei Versuch SH 99.27 ist dadurch zu erklären, dass der Dummy hier mit dem linken Fuß im

90°-Winkel auf den Boden prallte und dadurch eine starke Druckkraft auf das Bein übertragen wurde. Diese Situation war bei Versuch SH 99.32 nicht gegeben. Der zugehörige Grenzwert beträgt $F = -10 \text{ kN}$ und wurde nicht erreicht.

Alle übrigen gemessenen Dummy-Belastungen liegen weit unterhalb ihrer jeweiligen biomechanischen Grenzwerte.

6 Zusammenfassung

6 Summary

Anhand von zwei Full-Scale-Crashtests „bewegtes Motorrad gegen bewegten Personenkraftwagen“ nach Konfiguration 413 ISO 13232, wurde die Reproduzierbarkeit derartiger Versuche analysiert und diskutiert. Beide Versuche erfüllten die vorgegebenen Toleranzen hinsichtlich Geschwindigkeit der Fahrzeuge, Winkel der Fahrzeuglängsachsen und Anstoßstelle am Personenkraftwagen bei Kollisionsbeginn mit guter Präzision.

Die Bewegungsabläufe der Fahrzeuge und des Motorradfahrer-Dummys glichen sich weitgehend von Beginn der Kollision bis zum Kopfanprall und auch noch danach. Deutlichere Unterschiede waren erst zum Zeitpunkt der Trennung von Motorrad und Personenkraftwagen zu erkennen.

Die Belastungen des Motorradaufsassen wurden mit einem Dummy Hybrid III gemessen. Dabei lagen bis auf ein erhöhtes Flexionsmoment im Hals bei einem Versuch alle anderen Messwerte unterhalb ihrer zugehörigen biomechanischen Grenzwerte.

Vergleichende Betrachtungen von Details der Anstoßstellen des Motorrad-Vorderades am Schweller und des Motorradfahrer-Kopfes an der Dachkante des Personenkraftwagens ergaben, dass hier Unterschiede der Steifigkeiten gegeben waren, je nachdem, ob der Bereich der B-Säule unmittelbar oder im geringfügigen Abstand getroffen wurde. Hierdurch ergaben sich unterschiedliche Details der Beschädigungen des Motorrades an der Aufhängung und der Felge des Vorderades sowie unterschiedliche Belastungen in Kopf und Hals des Dummys.

Bei der Interpretation der Ergebnisse von Versuchen mit Motorrad/Personenkraftwagen-Kollisionen ist somit nicht nur auf die Einhaltung der Bedingungen bei Beginn der Kollision zu achten. Wichtig ist außerdem, dass während der Eindringphase des Motorrades in den Personenkraftwagen und bis zum Anprall des Motorradfahrer-Dummys am Personenkraftwagen gleichwertige Abläufe und Anprallereignisse stattfinden. Bei der Durchführung der Versuche müssen die Anprallstellen des Motorrad-Vorderrades und des Motorradfahrer-Kopfes am Personen-

kraftwagen sorgfältig dokumentiert und hinsichtlich des Einflusses ihrer Struktur bzw. Steifigkeit auf relevante Versuchsergebnisse analysiert werden.

Zu beachten sind außerdem die Beschädigungen im Bereich der Motorradfront, insbesondere atypische Deformationen und Brüche, die den kinematischen Ablauf und zugehörige Anprallereignisse der Kollision beeinflussen können.

ISO 13232 ist als “Developing Standard” zu verstehen. Hierzu ist die weitere Kommunikation und Diskussion von entsprechenden Versuchen mit konkreten Ergebnissen und daraus resultierenden Erkenntnissen wichtig. Die Erfahrungen bei der Durchführung von Crashtests nach ISO 13232 und insbesondere bei der Interpretation von Versuchsergebnissen können so auf eine breitere Basis gestellt werden.

LITERATUR REFERENCES

- [1] Berg F A, Bürkle H, Schmidts F, Epple J: Analysis of the Passive Safety of Motorcycles Using Accident Investigations and Crash Tests. Proceedings of the 16th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, Windsor, Canada, May 31 – June 4, 1998, Vol. 3, pp. 2260–2278
- [2] van Driessche H: Development of an ISO Standard for Motorcycle Research Impact Test Procedures. Proceedings of the Fourteenth International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, Munich, Germany May 23–24, 1994
- [3] IJJAMA S, HOSONO S, OTA A, YAMAMOTO T: Exploration Study of an Airbag Concept for a Large Touring Motorcycle. Proceedings of the 16th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, Windsor, Canada, May 31 – June 4, 1998, Vol. 3, pp. 2221–2236
- [4] ISO 13232 International Standard, Motorcycles – Test and analysis procedures for research evaluation of rider crash protective devices fitted to motorcycles. First edition 1996–12–15, International Organization for Standardization, Genève, Switzerland

Fahrer

Rider

**Entwicklung der Altersstruktur von Motorradfahrern
in Deutschland zwischen 1985 und 1999
und Einflüsse auf die Verkehrssicherheit**

***Development of the Age Structure of Motorcyclists
in Germany between 1985 and 1999
and the Influence on Motorcycle Safety***

Reiner Brendicke
Elmar Forke

Institut für Zweiradsicherheit e.V., Essen
Deutschland

Abstract

The registration numbers of powered two-wheelers in use (motorcycles, scooters and light weight motorcycles) have more than doubled during the 1990s. On July 1st 1999 app. 3.2 million motorcycles and light weight motorcycles were registered in Germany.

The distribution according to age groups has clearly changed in the last years. In 1999 only 7.2% of all motorcycle riders were aged between 18 and 25. As a result of a continuous development since the beginning of the 1990s the age group of riders aged 35 years and older clearly dominates with more than 58%.

Due to this development the absolute accident numbers in the group of young riders have clearly decreased. And, what is more, this is not only true for absolute numbers. Since 1991 there is also a considerable decrease of accident numbers in the group of young riders in relation to registered vehicles, compared to accident numbers of riders aged 25 and more. However, the risk of having an accident still is higher in the group of riders aged 18–25 than in the group of those aged 25 and more (2.9 times higher).

At the same time parallel research work proved that the age and the riding experience of the older rider group has positive effects on the risk of having an accident. The shift within the age groups towards motorcycle riders aged 35 and more has contributed to a constant level of accident numbers during the 1990s, although registration numbers increased considerably. Accident numbers of motorcycle riders in Germany have been characterised for years by a continuous increase of registrations, and, simultaneously, by a drop of related numbers of injured riders and riders killed in accidents.

Der Bestand motorisierter Zweiräder (Motorräder, Motorroller, Leichtkrafträder) hat sich von durchschnittlich 1,4 Mill. Fahrzeugen zwischen 1985 und 1990 in den neunziger Jahren mehr als verdoppelt. 1999 waren am 1. Juli ca. 3,2 Mill. Motorräder und Leichtkrafträder in Deutschland zugelassen.

Die Verteilung der Altersgruppen der Motorradfahrer hat sich in den letzten Jahren deutlich verändert. 1999 waren nur noch 7,2% der motorisierten Zweiradfahrer zwischen 18 und 25 Jahren alt. Mit über 58% dominiert 1999 als Ergebnis einer

kontinuierlichen Entwicklung seit Beginn der 90er Jahre die Altersklasse der über 35-jährigen Zweiradbesitzer.

Entsprechend der Altersverteilung sind die absoluten Unfallzahlen in der Altersgruppe der jungen Fahrer deutlich gesunken. Dies gilt jedoch nicht nur für die Absolutwerte, sondern bei den jungen Motorradfahrern ist auch bestandsbezogen ein starker Rückgang der Unfallzahlen im Vergleich zu den über 25-jährigen seit 1991 zu verzeichnen. Das Risiko zu verunglücken ist für 18–25-jährige Motorradfahrer jedoch nach wie vor deutlich höher (2,9fach) als bei den über 25-jährigen.

Gleichzeitig verdeutlicht das geringe Unfallrisiko für die älteren Motorradfahrer parallel zu anderen Forschungsergebnissen, daß Alter und damit Fahrerfahrung sich positiv auf die Unfallverwicklung auswirken. Die Verschiebung der Altersverteilung der Nutzer von motorisierten Zweirädern in Richtung der älteren Fahrer über 35 Jahre trägt zu einem gleichbleibenden Niveau der Unfallzahlen in den 90er Jahren bei, obwohl der Bestand erheblich anstieg. Die Unfallentwicklung motorisierter Zweiradfahrer in Deutschland ist seit Jahren geprägt durch einen kontinuierlichen Bestandszuwachs bei gleichzeitigem Sinken der relativen Zahl der Verletzten und Getöteten.

Le nombre de deux-roues motorisés (motos, scooters, motocyclettes), de 1,4 millions de véhicules en moyenne entre 1985 et 1990, a plus que doublé dans les années 90. En 1999, environ 3,2 millions de motos et de motocyclettes étaient immatriculées au 1^{er} juillet en Allemagne.

La répartition des groupes d'âge des motocyclistes s'est nettement modifiée au cours des dernières années. En 1999, seuls 7,2% des conducteurs de deux-roues motorisés avaient entre 18 et 25 ans. Résultat d'une évolution constante depuis le début des années 90, c'est la classe des plus de 35 ans qui domine en 1999, avec plus de 58%.

Par suite de cette répartition démographique, les chiffres d'accidents absolus dans la tranche d'âge des jeunes conducteurs ont nettement baissé. Mais ceci n'est pas seulement valable pour les valeurs absolues; on assiste également depuis 1991 à un fort recul des chiffres d'accidents internes par rapport au plus de 25 ans. Cependant, le risque d'accident reste nettement plus élevé pour les 18–25 ans (2,9 fois plus élevé) que chez les plus de 25 ans.

En même temps, le risque d'accident faible pour les conducteurs plus âgés souligne, parallèlement à d'autres résultats de recherche, que l'âge et donc l'expérience dans la pratique de la conduite ont un effet positif sur l'implication

dans des accidents. La translation de la répartition des tranches d'âge des utilisateurs de deux-roues motorisés vers la tranche des plus de 35 ans contribue à un niveau de chiffres d'accidents restant constant dans les années 90, bien que le nombre de véhicules ait augmenté. L'évolution des accidents de deux-roues motorisés en Allemagne est caractérisée depuis des années par une croissance continue du nombre de véhicules et un abaissement parallèle du nombre relatif des blessés et des tués.

Einleitung

Bei Betrachtung der Entwicklung des Durchschnittsalters von Motorradbesitzern und der Sicherheit der motorisierten Zweiräder in Deutschland ist ein deutlicher Trend in den letzten zehn Jahren zu verzeichnen. Motorradfahren erscheint nicht mehr als ein dominierend von jungen Fahrern bis 30 Jahren geprägtes Phänomen, wie in den 70er und frühen 80er Jahren, als das Motorrad Symbol von Jugendlichkeit und Freiheit [14] war. Heute ist das Motorrad Teil der Freizeitgesellschaft, die das motorisierte Zweirad als Mobilitätsmittel wirkungsvoll einsetzt [17, 27].

Gleichzeitig läßt sich als langjähriger Trend festhalten, daß sowohl die absoluten als auch die relativen Zahlen der Verletzten und Getöteten seit vielen Jahren sinken, respektive auf einem gleichbleibenden Niveau angesiedelt sind. Dies, obwohl der Motorradfahrer als sogenannter „äußerer“ Verkehrsteilnehmer, der nicht über den Schutz einer Karosserie verfügt, gefährdeter ist als andere Kfz-Benutzer (Verunglückte 1998 pro 1.000 Fahrzeuge : PKW 8 – Motorrad 14).



Getötete Motorradfahrer pro 100.000 zugelassene Motorräder Bundesrepublik Deutschland (alte Bundesländer)

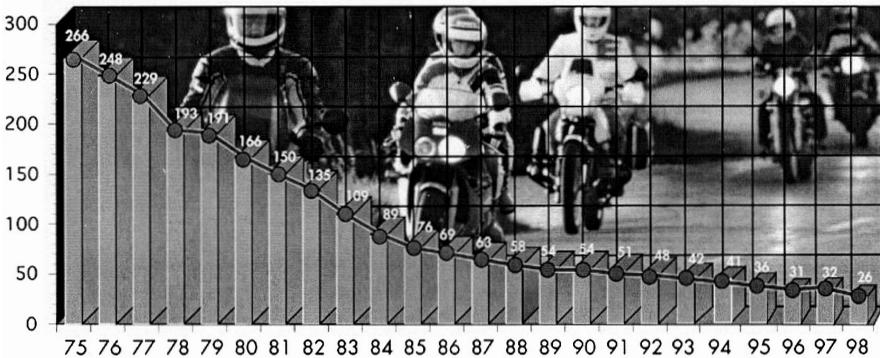
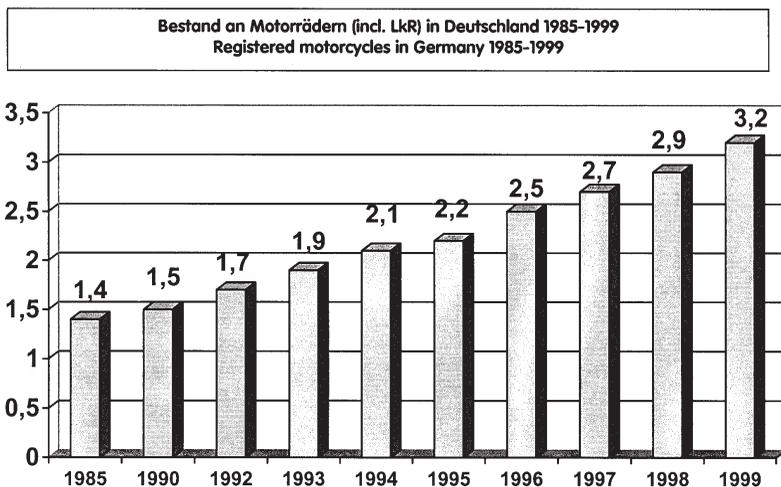


Bild 1: Getötetenrate pro 100.000 Bestand in den alten Bundesländern 1975–1998

Rate of Fatalities per 100.000 registered Motorcycles in former German countries 1975–1998

In den alten Bundesländern – mit über 91% der Fahrzeuge stellen sie die Bestandsmajorität in Deutschland – wurden im Jahr 1975 noch 266 Motorradnutzer pro 100.000 Fahrzeuge im Bestand getötet [Bild 1]. Diese Anzahl verminderte sich im Jahr 1985 auf 76 und sank bis zum Jahr 1998 auf 26 Personen. In Deutschland waren im Jahr 1999 insgesamt 31 getötete Personen pro 100.000 Motorräder zu beklagen.

Diese Entwicklung geht einher mit einem seit Anfang der 90er Jahre sprunghaft ansteigenden Bestand [Grafik 1]. Waren im Jahr 1990 etwa 1,4 Mill. Fahrzeuge gemeldet, so stieg diese Zahl am 1.7.1999 auf mehr als 3 Millionen zugelassene Motorräder in Deutschland [15].



Grafik 1: Bestand an Motorrädern (incl. LkR) in Deutschland 1985-1999

Registered Motorcycles (including light-weight vehicles) in Germany 1985-1999

Die Entwicklung des Bestandes verlief Ende der 80er Jahre auf einem gleichbleibenden Niveau bei ca. 1,4 Mill. Fahrzeugen. Ab 1990 erfährt das motorisierte Zweirad einen Aufschwung, so daß sich die Zahlen im Jahr 1999 mehr als verdoppeln [Grafik 1].

Im Zentrum der folgenden Ausführungen stehen die Aspekte Alter und Fahr-erfahrung sowie deren Zusammenhang zur Unfallentwicklung.

Einflußfaktoren der Unfallentwicklung motorisierter Zweiräder

Zahlreiche nationale und internationale Studien haben als entscheidend für die Verunfallung motorisierter Zweiradfahrer [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 19, 20, 21, 22, 23, 24] folgende Aspekte dokumentiert:

- „Dominierenden Einfluß auf das Unfallrisiko hat das Alter.
- Die Fahrleistung (durchschnittliche jährliche Kilometerleistung) beeinflusst das Unfallrisiko. Gerade in den ersten zwei Jahren ergibt sich für Vielfahrer ein höheres Unfallrisiko durch verstärkte Gefahrenexposition.

- Das Unfallrisiko steigt jedoch ab einer gewissen Kilometerzahl nicht mehr linear an, da die versierten Fahrer das Risiko durch intensivere Verkehrsteilnahme mit Hilfe ihrer Erfahrung überkompensieren.
- Keinen direkten Einfluß auf die Unfallbeteiligung haben Motorleistung und Hubraum des Fahrzeuges, es besteht jedoch eine Wechselwirkung zur Fahrleistung. Mit steigender Hubraum- und Leistungsklasse legen Motorradfahrer jährlich größere Distanzen zurück.
- In der Gruppe der Motorradfahrer sind männliche Personen wesentlich häufiger vertreten, als in vergleichbaren Altersgruppen im Pkw-Bereich. Geschlechtsspezifika der Männer im Sinne des Risikoverhaltens greifen somit deutlicher.
- Gerade junge Fahrer- und Fahrerinnen sind risikobereiter und häufiger in selbstverschuldete Unfälle verwickelt. Dies gilt für PKW und Motorrad.
- Vorerfahrung auf kleinmotorisierten Fahrzeugen (Mofa/Mokick/Leichtkraftrad) wirkten sich unfallreduzierend beim Einstieg in die Motorradkategorie aus.“ [6]

Aber auch die aktive Verkehrsteilnahme mit unterschiedlichen Fahrzeugen (andere Zweiräder, PKW etc.) hilft, die Gefahrenkenntnis zu verbessern und einen allgemeinen Verkehrssinn zu erwerben.

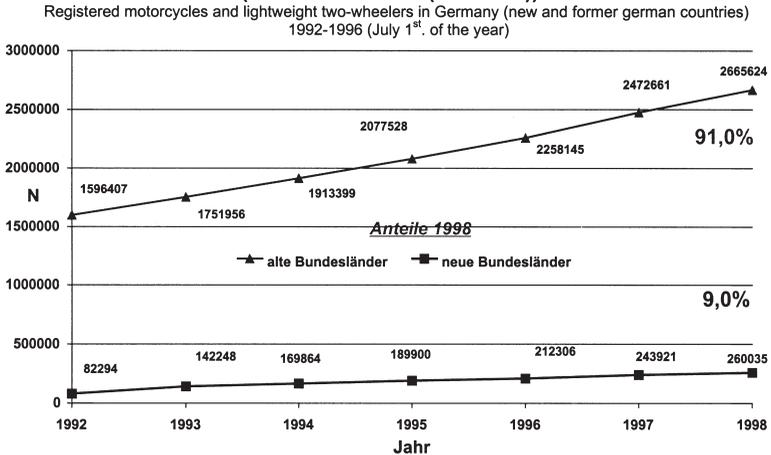
Generell zeigt diese Auflistung einen positiven Zusammenhang zwischen dem zunehmenden Alter und der Entwicklung von Verkehrserfahrung. Der Umgang mit dem Motorrad im Verkehrsraum führt zu einer erkennbaren Minderung des Unfallrisikos. Die Wahrnehmung von Risiko, gestützt auf Erfahrungen auch mit anderen Verkehrsmitteln hilft, einen defensiven „Verkehrssinn“ auszubilden, der zur Vermeidung von Unfällen beiträgt.

Bestandsentwicklung bei motorisierten Zweirädern und Altersverteilung

Seit Beginn der 90er Jahre sind die Bestände der motorisierten Zweiräder in Deutschland deutlich gewachsen. Dies liegt nicht an der Wiedervereinigung der ehemaligen beiden deutschen Staaten, denn die alten Bundesländer stellen den Hauptanteil an Motorrädern mit 91% im Jahr 1998. Gleichzeitig verdoppelte sich die Zahl der Krafträder zwischen 1990 und 1998 und hat am 1. Juli 1999 die „Drei-Millionen-Grenze“ mit 3,2 Mill Fahrzeugen überschritten [Grafik 2].

Der Bestandsanstieg in den neuen Bundesländern vollzieht sich ebenfalls kontinuierlich, jedoch offensichtlich in einem geringeren Tempo und mit geringeren Stückzahlen. Den größten Anteil stellt dabei das Motorrad, obwohl seit 1996 auch das Leichtkraftrad starke Zuwachsraten aufweist.

Bestand an Krafträdern in den neuen und alten Bundesländern 1992 bis 1998
(1. Juli des Jahres (incl. LKR)) :

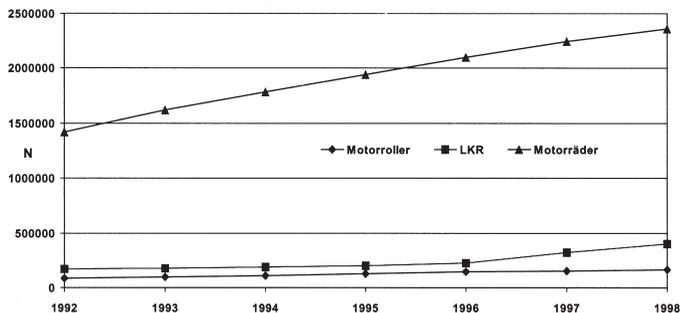


Grafik 2: Bestand an Krafträdern in den neuen und alten Bundesländern 1992 bis 1998 (1. Juli des Jahres (incl. LKR))
 Registered motorcycles and lightweight two-wheelers in Germany (new and former german countries) 1992-1998 (July 1st of the year) [KBA]

Stieg der Bestand der Motorräder seit 1992 deutlich von Jahr zu Jahr an, so zeigt der Trend bei den Leichtkrafträdern bis 125ccm mit einer Limitierung auf 11kW, daß mit Einführung der europäischen Führerscheinklasse 1996 hier offensichtlich ein deutlicher Trend zu diesen kleinvolumigen Zweirädern zu verzeichnen ist. Der Zuwachs bei den Motorrollern ist geringer ausgeprägt als bei Motorrädern und Leichtkrafträdern [Grafik 3].

Entwicklung des Fahrzeugbestandes an Motorrollern, LKR und Motorrädern in Deutschland 1992 – 1998 :

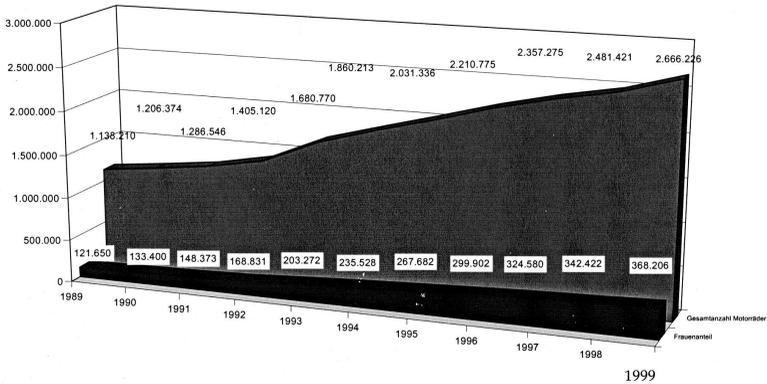
Development of registered motorcycles, scooters and lightweight two-wheelers in Germany 1992-1998



Grafik 3: Entwicklung des Fahrzeugbestandes an Motorrollern, LKR und Motorrädern in Deutschland 1992-1998
 Development of registered motorcycles, scooters and lightweight two-wheelers in Germany 1992-1998 /16/

Insgesamt betrachtet, setzt sich der Trend zu weiter steigenden Zahlen motorisierter Zweiräder in Deutschland offensichtlich fort, da die Entwicklung von 1998 auf 1999 zu einem weiteren Anstieg auf nunmehr 3.177.437 Millionen Motorräder führte (+ 8,6%), in denen 468.983 Leichtkrafträder enthalten sind.

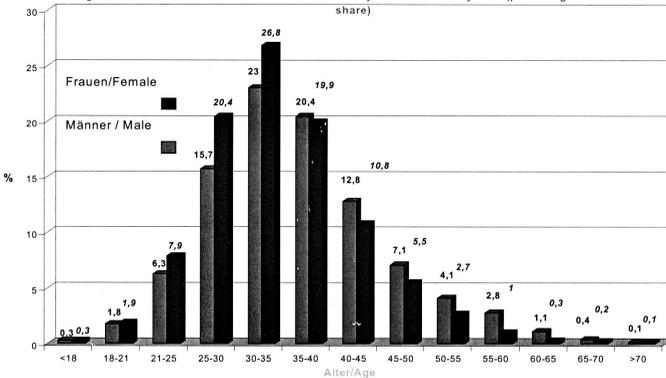
Ein wichtiger Aspekt in diesem Zusammenhang ist auch die Geschlechtsverteilung. Die Zahl der Motorrad fahrenden Frauen in Deutschland steigt seit Jahren, 1999 waren fast 14% der Motorräder auf weibliche Personen zugelassen. [Grafik 4]



Grafik 4: Bestandsanteile der Frauen in Deutschland 1989–1999.
Female Share of registered motorcycles in Germany 1989–1999



Altersstruktur der Motorradfahrerinnen und -fahrer in Deutschland am 1. Juli 1998 (prozentuale Bestandsanteile)
Age Structure of female and male riders in Germany on the 1st of July 1998 (percentage share)

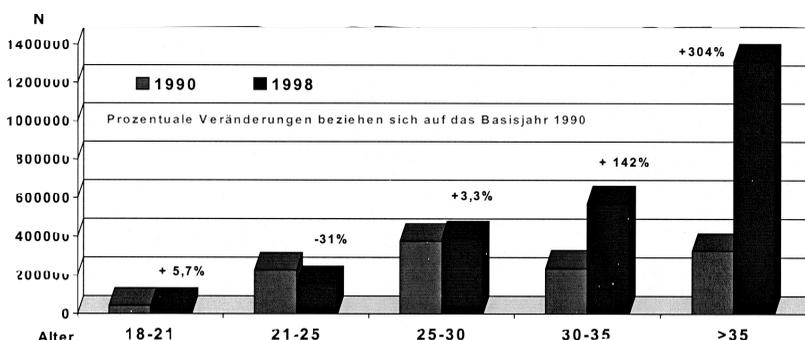


Grafik 5: Bestandsanteile Frauen/ Männer in Deutschland 1998 Altersklassen
Female/male share of registered motorcycles in Germany 1998 by age classes

Die Differenzierung des Bestandes nach Altersklassen und Geschlecht läßt erkennen, daß Frauen im Durchschnitt etwas jünger sind als männliche Nutzer von Motorrädern, obwohl auch bei den Frauen die Gruppe der 30–25-jährigen überproportional dominiert. Dennoch ist der Frauenanteil in den Altersgruppen unter 30 Jahre prozentual höher als bei Männern.

Eine der grundlegenden Fragen ist die Veränderung des Bestandes nach Alter bei den Motorradfahrern. Eine Analyse im Rahmen der 90er Jahre läßt folgendes erkennen:

Veränderungen des Motorradbestandes* in Deutschland differenziert nach Altersklassen 1990 und 1998 (1. Juli /* ohne jur. o. unbek. Pers. ohne LKR)



Graphik 6: Veränderungen des Motorradbestandes* in Deutschland differenziert nach Altersklassen 1990/1998 (1. Juli /* ohne jur. o. unbek. Pers. ohne LKR)

Change of registered motorcycles by age classes (without lightweight vehicles) in Germany – Comparison between 1990 and 1998 (1st of July each year and without unknown or juristic persons)

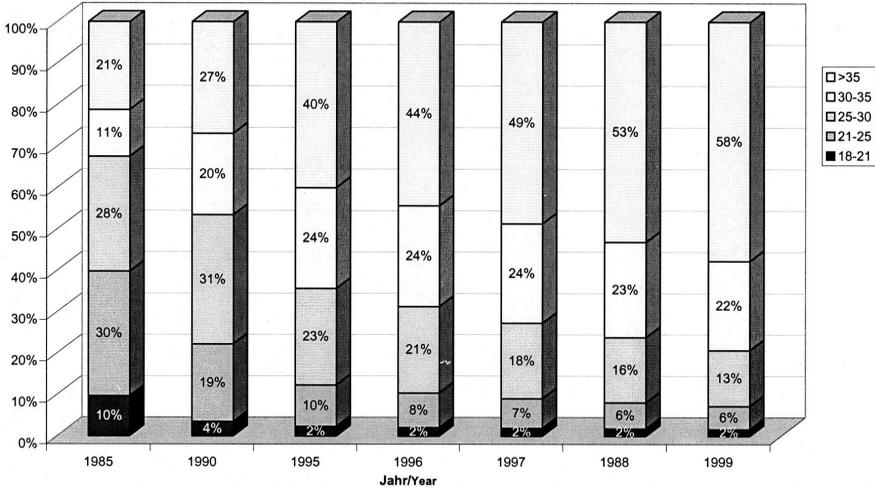
Die Grafik 6 dokumentiert die Veränderungen der Verteilung der Altersklassen im Motorradbestand in Deutschland zwischen 1990 und 1998. Das Bild ist geprägt von enormen Anstiegen in den Altersgruppen der über 30-jährigen, die teilweise über 300% (älter als 35) betragen. Der Trend ist eindeutig: Das Durchschnittsalter der Motorradfahrerinnen und Motorradfahrer in Deutschland steigt an.

Ein altersdifferentieller Vergleich mit dem Jahr 1985 zeigt folgendes Bild [Grafik 7]. Offensichtlich ist eine kontinuierliche Steigerung des Anteiles der Altersklasse über 35 Jahre von 21% im Jahr 1985 auf 58% im Jahr 1999. Dies kommt fast einer Verdreifachung gleich. Im Jahr 1999 sind 80% der Besitzer von Motorrädern (ohne Leichtkrafträder) über 30 Jahre alt.

Gleichzeitig ist eine Veränderung im Bestand bei den jüngeren Altersklassen festzustellen. Waren im Jahr 1985 noch 10% zwischen 18 und 21 Jahre alt, so redu-

**Altersdifferenzierter (>18 J. und o. juristisch unbekannte Personen) Bestand an
Motorrädern in Deutschland 1985-1999 (1.Juli d. Jahres)**

Registered Motorcycles in Germany (1. July) by age (> 18 year and without unknown) from 1985 to 1999



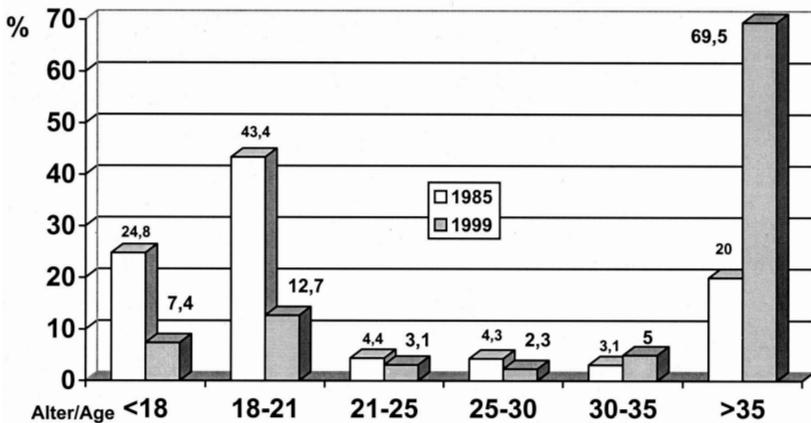
Grafik 7: Altersdifferenzierter (>18 J. und o. juristisch unbekannte Personen) Bestand an Motorrädern in Deutschland 1985 bis 1999 (1.Juli d. Jahres)

Registered Motorcycles in Germany (July 1st) by age (> 18 years and without unknown) from 1985 to 1999

zierte sich der Anteil in den 90er Jahren auf 2%. Gleiches gilt für die Altersklasse der 21–25-jährigen. Stellten diese noch einen Anteil von 30 Prozent im Jahr 1985, so fiel dieser Anfang der 90er Jahre auf unter 20% und ab 1995 unter 10%. Im Jahr 1999 lag der Anteil bei 6%. Den gleichen Trend zeigt die Gruppe der 25–30-jährigen Motorradnutzer, die im Jahr 1985 28% und im Jahr 1999 nur noch 13% ausmacht.

Lag die Gruppe der Motorradfahrer unter 30 Jahre im Jahr 1985 noch bei 68% Gesamtanteil, so stellt sie im Jahr 1999 nur noch 21%. Dies entspricht einer Verminderung von –69%. Diametral verlief die Entwicklung der über 30-jährigen Fahrer- und Fahrerinnen. Diese stellten im Jahr 1985 32% der Gesamtgruppe, der sich im Jahr 1999 auf 80% vergrößerte, d.h. um plus 150%.

Auch in der Klasse der Leichtkrafträder ist diese Altersverschiebung erkennbar. Waren 1985 noch 24,8% der Nutzer unter 18 Jahren, so verminderte sich dieser Anteil im Jahr 1999 auf 7,4%. Die Majorität der Besitzer von Leichtkrafträdern lag 1985 bei den 18–21-jährigen (fast 44%). Dieser Wert sank bis 1999 auf 13% [Grafik 8].



Grafik 8: Altersdifferentieller prozentualer Bestandsanteil von Leichtkrafträdern 1985 und 1999 in Deutschland

Percentage share of age groups of registered lightweight vehicles 1985 und 1999 in Germany

In den Altersklassen von 21–25 Jahren spielt das Leichtkraftrad eine untergeordnete Rolle, ein Phänomen, das sich im Laufe der Zeit stabilisiert hat und im wesentlichen mit der stärkeren Nutzung anderer Fahrzeuge korreliert. Doch gerade die Gruppe der über 35-jährigen zeigt mehr als eine Verdreifachung des ursprünglichen Anteils von 20% im Jahr 1985 auf 69% im Jahr 1999. Hierbei ist sicherlich ein Zusammenhang mit der europäischen Führerscheinnovelle bei der A1 Klasse für 125ccm Fahrzeuge und der Einschlußregelung der PKW-Führerscheinerwerber vor 1980 zu sehen ist.

Zusammenfassend ist eine starke altersdifferenzielle Verschiebung der Nutzer von motorisierten Zweirädern feststellbar. Gerade im Sinne der Jugendlichkeitsrisiken ist von einer positiven Wirkung für die Verkehrssicherheit der Zweiradnutzer auszugehen, da sich Verkehrserfahrung, selbst wenn diese mit anderen Fahrzeugen erworben wurde, positiv auswirkt [1].

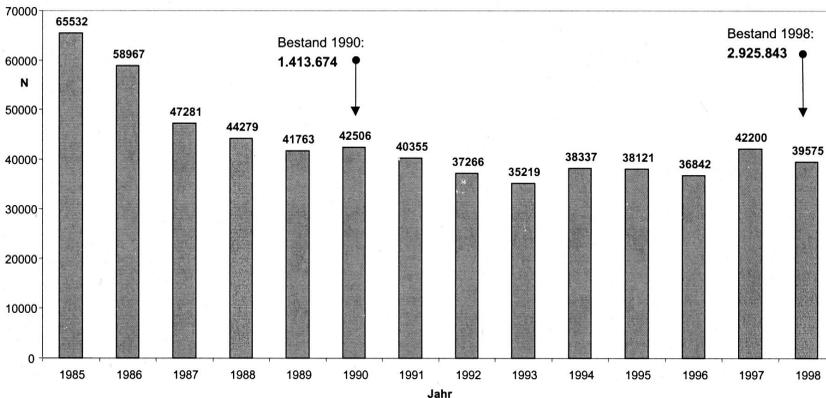
Die Frage, warum sich junge Führerscheinerwerber seltener direkt für das motorisierte Zweirad als Mobilitäts- oder Freizeitfahrzeug entscheiden, kann dabei nicht grundsätzlich beantwortet werden. Nicht zuletzt können sich hier Kosten beim Führerscheinerwerb auswirken, die über einen längeren Zeitraum verteilt werden.

Unfallsituation in Deutschland und altersdifferenzielle Zusammenhänge

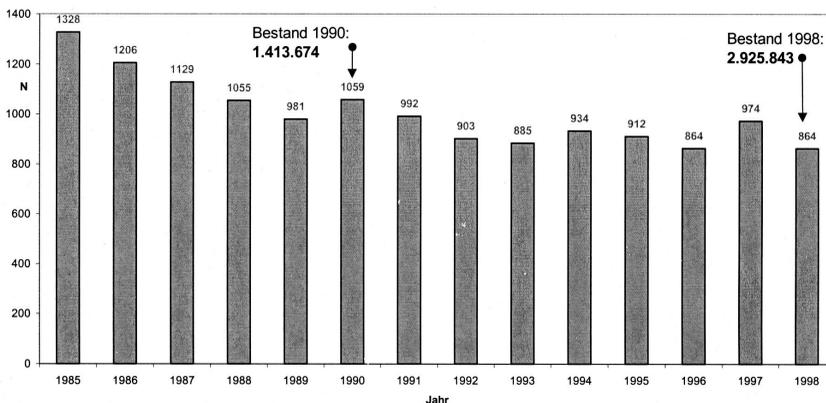
Trotz der aufgezeigten steigenden Bestände in Deutschland sinken die absoluten Zahlen der verunglückten und getöteten Motorradnutzer bzw. haben sich seit den

90er Jahren auf ähnlichem Niveau angesiedelt. Verunglückten im Jahre 1985 noch über 65.000 Motorradfahrer/-innen, waren es im Jahre 1999 noch 43.799 Fahrer und Beifahrer von motorisierten Zweirädern. In der Analyse der Zeitreihen ist ein Schwanken um 40.000 Personen seit 1987 trotz der gestiegenen Bestände sichtbar [Grafik 9 oben]/.

Verunglückte Motorradfahrer in Deutschland 1985 – 1998
Casualties of Motorcyclists in Germany 1985-1998



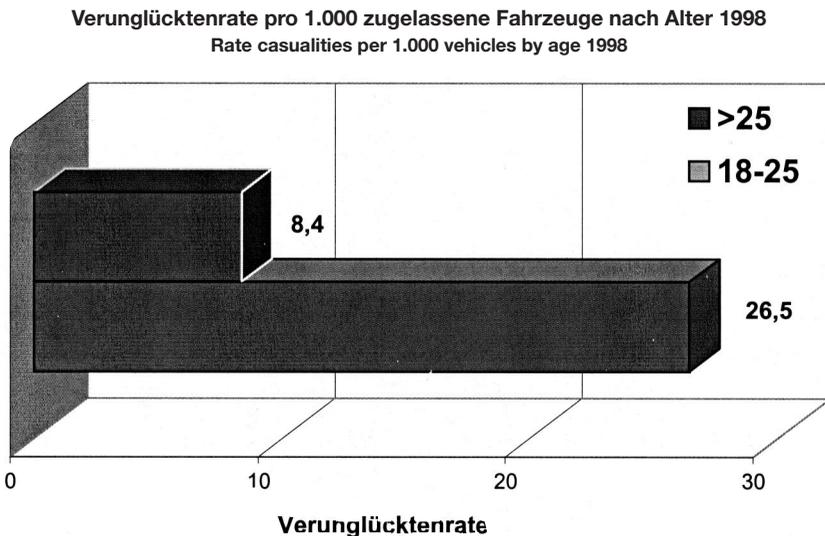
Getötete Motorradfahrer in Deutschland 1985–1998
Fatalities of motorcyclists in Germany 1985–1998



Grafik 9: Verunglückte und getötete Motorradfahrer in Deutschland 1985–1998
 Casualties and fatalities of motorcyclists in Germany 1985–1998

Ein ähnliches Bild [Grafik 9, unten] ergibt die absolute Anzahl getöteter Motorradfahrer. Ab dem Jahr 1990 liegt die Zahl unter 1000 Personen bundesweit und „oszilliert“ zwischen 860 bis 980 verstorbenen Motorradfahrern.

Aufgrund der Diskussion um das Alter für einen Direkteinstieg in die unlimitierte Motorradklasse wurde zur altersdifferenziellen Analyse die Schnittstelle bei größer und kleiner 25 Jahre gewählt. Die folgende Grafik dokumentiert die Verunglücktenrate pro 1.000 zugelassene Fahrzeuge der Altersgruppe der 18–25-jährigen bzw. der über 25-jährigen für das Jahr 1998 (letztes Jahr vollständiger Daten). Hier wird deutlich, daß die jüngeren Fahrer ca. dreimal häufiger verunglücken als ältere Fahrer.

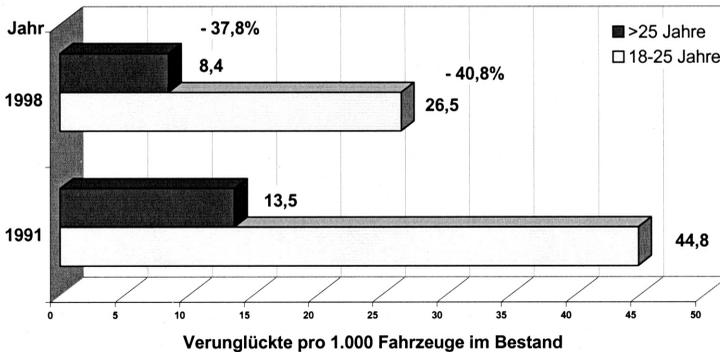


Grafik 10: Verunglücktenrate pro 1.000 zugelassene Fahrzeuge nach Alter 1998 in Deutschland
Casualties per 1000 registered motorcycles by age in Germany 1998

Grafik 10 zeigt die Entwicklung der Zahl verunglückter Motorradfahrer in Deutschland von 1991 und 1998 pro 1.000 Fahrzeuge im Bestand und differenziert nach den Altersgruppen „18–25 Jahre“ und „über 25 Jahre“. Obwohl das Gesamtniveau der Verunglücktenzahlen bei den jüngeren Fahrern stets höher ist als bei den über 25-jährigen, ergibt sich für die 18–25-jährigen ein größerer Rückgang der Verunglücktenrate (–40,8%), als bei den über 25-jährigen (–37,8%). Neben den veränderten Bestandsverhältnissen ist sicherlich auch im europäischen Vergleich das außergewöhnlich hohe Ausbildungsniveau in Deutschland als einer der entscheidenden Aspekte gerade bei den jugendlichen Fahrerinnen und Fahrern zu nennen, die zu einer Reduktion des Gefährdungspotentials beigetragen haben können.

Verunglücktenrate pro 1.000 Fahrzeuge im Bestand nach Altersgruppe in Deutschland 1991 und 1998 .

Casualty Rate per 1000 registered motorcycles by age in Germany 1991 and 1998



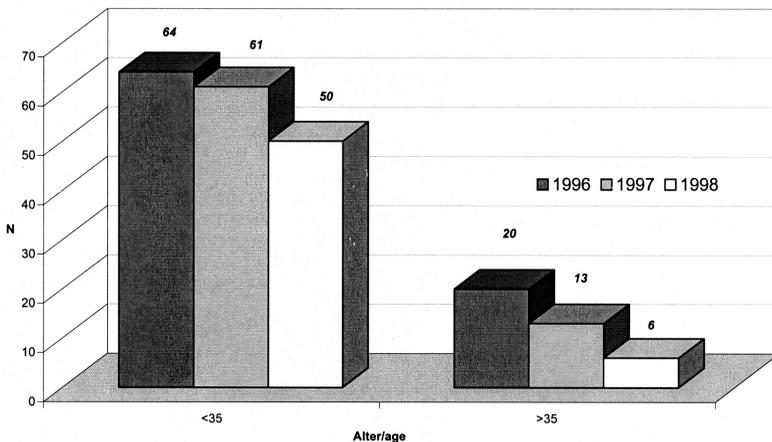
Grafik 11: Verunglücktenrate pro 1.000 Fahrzeuge im Bestand nach Altersgruppe in Deutschland 1991 und 1998

Casualty Rate per 1000 registered motorcycles by age in Germany 1991 and 1998

Die altersdifferentiellen Analysen des Unfallgeschehens zeigen somit, daß nach wie vor die jüngeren Motorradfahrer häufiger in Unfälle verwickelt sind als ältere. Dieser Tatbestand konnte ebenfalls für den Bereich des Leichtkraftrades aufgewiesen werden.

Rate getöteter Leichtkraftradnutzer pro 100.000 Bestand und differenziert nach Alter (</>35 Jahre) in Deutschland 1996-1998

Rate of Fatalities per 100.000 Lightweight motorcycles in Germany 1996-1998 lower or greater 35 years



Grafik 12: Rate getöteter Leichtkraftradnutzer pro 100.000 Bestand und differenziert nach Alter (</>35 Jahre) in Deutschland 1996-1998

Rate of Fatalities per 100.000 Lightweight motorcycles in Germany 1996-1998 lower or greater 35 years

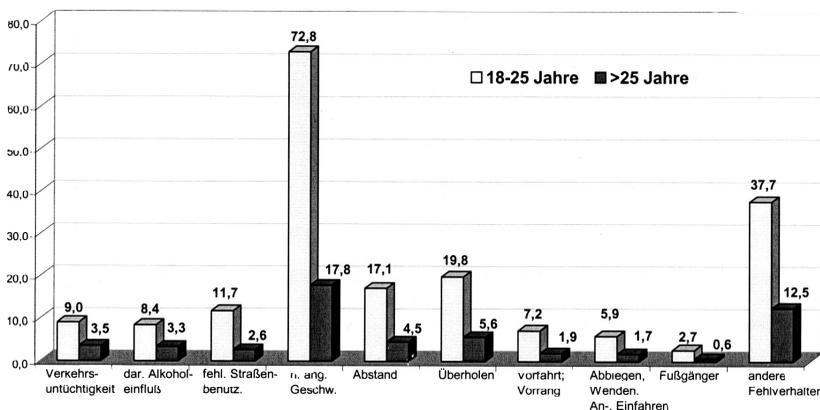
Junge Fahrer und Fahrerinnen haben eine achtfach höhere Getötetenrate pro 100.000 Fahrzeuge, als die Altersklasse über 35 Jahre (1999). Trotzdem ist insgesamt im Verlauf der Jahre zwischen 1996 und 1999 eine Verringerung der Rate in beiden Altersgruppen sichtbar.

Steigendes Alter und Fahrerfahrung senken das Unfallrisiko. Dies gilt ebenfalls für Personen, die durch die Einschlußregelung in den Pkw-Führerschein vor 1980 Fahrerfahrung auf anderen Fahrzeugen erworben haben und nun das Leichtkraft- rad nutzen.

Vergleicht man die Gruppe der 18–25 Jahre alten Motorradfahrer bezüglich ihrer unfallursächlichen Fehlverhaltensweisen mit den über 25 Jahre alten Motorrad- fahrern, so ergibt sich ein eindeutiges Bild. Über alle Fehlverhaltensweisen hinweg zeigen die jugendlichen Fahrerinnen und Fahrer deutlich höhere Werte als ältere. Es besteht hier also offensichtlich ein Zusammenhang zwischen jugendlichem Alter und Verhaltensweisen, die wenig sicherheitsförderlich sind.

Fehlverhalten von Motorradfahrern nach Alter 1998 · Accident causation of riders by age in the year 1998

Fehlverhalten pro 10.000 Fahrzeuge im Bestand

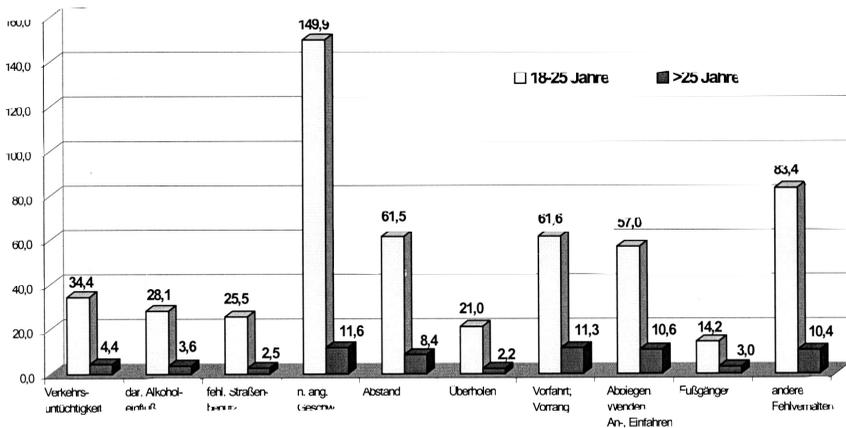


Grafik 13: Fehlverhalten von Motorradfahrern nach Alter 1998
Accident causation of riders by age in the year 1998

In allen Kategorien waren 1998 die jungen Motorradfahrer überproportional im Verhältnis zu den über 25-jährigen vertreten, was auch für die PKW Nutzer gilt.

Fehlverhalten von Pkw-Fahrern nach Alter 1998 Accident causation of drivers by age in the year 1998

Fehlverhalten pro
10.000 Fahrzeuge im Bestand



Grafik 14: Fehlverhalten von Pkw-Fahrern nach Alter 1998
Accident causation of drivers by age in the year 1998

Die Relation der Raten zwischen den Altersgruppen stellt sich für die PKW-Jugendlichen negativer als beim Motorrad dar, was jedoch auch in Beziehung zu den höheren Anteilen dieser Altersklasse bei den PKW steht.

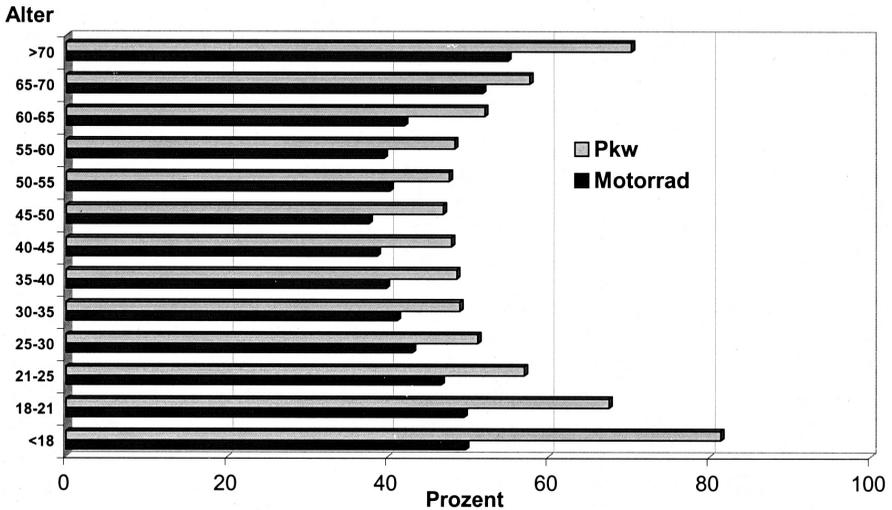
Offensichtlich sind beim PKW vergleichsweise hohe Quoten der Fehlverhalten „Vorfahrt, Vorrang“, „Abstand“ und „nicht angepaßte Geschwindigkeit“. Obwohl beim jugendlichen Motorradfahrer „nicht angepaßte Geschwindigkeit“ häufig auftritt, findet sich dieses Fehlverhalten bei PKW-Jugendlichen noch extremer.

Diese Befunde stehen im Zusammenhang mit dem typischen allgemeinen Unfall-szenario beim Motorrad: eine fremdverschuldete Kollision mit zumeist einem PKW. Motorradalleinunfälle treten zu einem Drittel auf. Der typische Motorradunfall ereignet sich an Kreuzungen oder Einmündungen, an denen der Pkw-Fahrer die Vorfahrt des entgegenkommenden Motorradfahrers mißachtet, was die Dominanz der Vorfahrt/Vorrang-Fehler beim PKW erklärt.

Eine Analyse der Hauptverursacher verdeutlicht die Schuldverteilung bei PKW/Motorrad Kollisionen [Grafik 15].

Offensichtlich überwiegt der PKW-Führer als Unfallverursacher in PKW/Motorrad-Kollisionen 1998 in allen Alterskategorien. Der Anteil bei den jungen PKW-Fahrern unter 18 liegt bei über 80%, bei den 18–21-jährigen bei über 60%. Hier wirken sich Jugendlichkeitsrisiken und geringe Fahrerfahrung besonders negativ aus.

Anteil der Hauptverursacher bei Unfällen Main causation of car/motorcycle collisions



Grafik 15: Anteil der Hauptverursacher bei Unfällen
Main causation of car/motorcycle collisions

Fazit

Die positive Entwicklung der Unfallzahlen bei den motorisierten Zweirädern in den 90ziger Jahren trotz steigender Bestände findet eine deutliche Korrespondenz in der Verschiebung der Altersstruktur der Motorradfahrer. Gerade die Alterklasse über 35 Jahre repräsentiert den heutigen typischen Motorradfahrer. Dies gilt für die Kategorie des Motorrades inklusive des Kraftrollers sowie für das Leichtkraftrad. Die Zahl der jüngeren Zweiradnutzer sinkt, gleichwohl stellen sie noch immer die Altersklasse mit den höchsten Unfallraten. So ist für das Leichtkraftrad eine acht-fach höhere Getötetenrate pro 100.000 Fahrzeuge im Bestand zu verzeichnen. Ursächlich sind jugendliche Risikoeinstellungen und Fehlverhaltensweisen. Im Laufe der Fahrerkarriere bei PKW und Motorrad tritt Fehlverhalten seltener auf. In der Folge sinken die Unfallzahlen für die Altersgruppe der über 25-jährigen respektive der über 35-jährigen. Alter und Fahrerfahrung sind wesentliche Elemente verbesserter Verkehrssicherheit. Gerade die Gruppe der älteren Leichtkraftradnutzer hat dieses seit dem Jahr 1996 aufgezeigt, denn Befürchtungen hoher Unfallraten aufgrund fehlender Zweiraderfahrung bestätigten sich nicht. Gerade diese Gruppe weist extrem geringe Risiken im Vergleich zu den jüngeren Fahrern auf.

Literatur

- [1] Brendicke, R.: Attitudes of Motorcycle Riders Towards Risk Exposure. In: Institut für Zweiradsicherheit (Hrsg.): Safety Environment Future. Proceedings of the 1991 International Motorcycle Conference. Forschungshefte Zweiradsicherheit, Bd. 7, Bochum, 1991.
- [2] Brendicke, R.; Forke, E.; Gajewski, R.: Motorradfreundlicher Straßenbau. Praxishefte Zweiradsicherheit Nr. 6, Institut für Zweiradsicherheit, Essen, 1997.
- [3] Brendicke, R.: Unfallsituation junger Zweiradfahrer. In: Junge Fahrzeugführer, Tagungsbericht zur Fachtagung am 17.10.1997 in Leipzig, Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft und Arbeit, Dresden, 1997.
- [4] Brendicke, R.; Forke E.: Unfälle motorisierter Zweiradfahrer: Statistik. In: Der Rettungsdienst vor neuen Herausforderungen, Referateband 18. Bundeskongreß Rettungsdienst, Bremen, 1998.
- [5] Brendicke, R.; Forke, E.: Mobilitäts- und Sicherheitsaspekte der neuen europäischen 125ccm Leichtkraftradklasse. In: R. Brendicke (Hrsg.): Sicherheit-Umwelt-Zukunft II, Forschungshefte Zweiradsicherheit Nr. 8, Tagungsband der 2. Internationalen Motorradkonferenz 1998, Institut für Zweiradsicherheit, Essen, 1998.
- [6] Brendicke, R.; Forke E.: Analyse der Motorradunfallsituation in Deutschland In: Deutsche Verkehrswacht (Hrsg.), Verkehrswachforum Heft 7, Meckenheim bei Bonn, 1999.
- [7] Brühning, E.; Kühnen, M.: Verkehrssicherheit im vereinten Deutschland. Teil 1: Strukturvergleich des Unfallgeschehens in den Neuen und Alten Bundesländern. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Mensch und Sicherheit, M 10. Bremerhaven, 1993.
- [8] Engels, K.: Analyse des Unfallgeschehens mit motorisierten Zweirädern auf der Basis des von der Polizei erhobenen Unfalldatenmaterials. In: H. Koch (Hrsg.): Der Motorradunfall: Beschreibung, Analyse, Prävention. Forschungshefte Zweiradsicherheit, Bd. 3. Bochum, 1986.
- [9] Hebenstreit, B. v. et al.: Auswirkungen des Stufenführerscheins. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Mensch und Sicherheit, M 16. Bremerhaven, 1993.
- [10] Koch, H.: Der Einfluß des Stufenführerscheins auf das Unfallgeschehen 18- und 19-jähriger Fahranfänger. In: H. Koch (Hrsg.): Motorradfahren. Faszination und Restriktion. Forschungshefte Zweiradsicherheit, Bd. 6. Bochum, 1990.
- [11] Koch, H.; Brendicke, R.: Zum Stand der Motorradunfallforschung und Sicherheitsentwicklung. In: Tagungsbericht der VDI-Gesellschaft Fahrzeugtechnik. 3. Fachtagung Motorrad. VDI Berichte 779. Düsseldorf, 1989.
- [12] Koch, H.; Hagstotz, W.: Einflußfaktoren auf die Unfälle von Motorradfahrern. Empirische Überprüfung der Annahmen und Voraussetzungen eines Stufenführerscheinmodells. In: H. Koch (Hrsg): Motorradfahren. Faszination und Restriktion. Forschungshefte Zweiradsicherheit, Bd. 6. Bochum, 1990.

- [13] Koch, H.; Schulz, U.: Was beeinflusst das Unfallgeschehen von Motorradfahrern? Diskussion der Ergebnisse empirischer Studien und verkehrspädagogischer Konsequenzen. In: H. Koch (Hrsg.): Motorradfahren. Faszination und Restriktion. Forschungshefte Zweiradsicherheit, Bd. 6. Bochum, 1990.
- [14] Die Lust am Motorrad: Fahrmotive u. Erlebnisformen gestern u. heute; Einf. d. Hrsg. zu Teil 1 / Hubert Koch. In: Motorradfahren: Faszination u. Restriktion / hrsg. von Hubert Koch. Institut für Zweiradsicherheit. [Red.: Reiner Brendicke]. – Bochum: Institut für Zweiradsicherheit, 1990 – S.1–12. – (Forschungshefte Zweiradsicherheit; 6)
- [15] Krafftahrtbundesamt (Hrsg.): Statistische Mitteilungen. Reihe 1: Kraftfahrzeuge, monatliche Mitteilungen. Stuttgart.
- [16] Krafftahrtbundesamt (Hrsg.): Statistische Mitteilungen. Reihe 2: Kraftfahrzeuge, Jahresband. Stuttgart.
- [17] Motorcycle Safety: A Decade of Progress / [N.M. Rogers] International Motorcycle Manufacturers Association. – Brüssel, ACEM: ohne Jahr. – 45 S.
- [18] Näätänen, R.; Summala, H.: Road User Behaviour and Traffic Accidents. Amsterdam, 1976.
- [19] Otte, D.: Unfall- und Verletzungssituation bei Motorrollern. In: R. Brendicke (Hrsg.): Sicherheit-Umwelt-Zukunft II, Forschungshefte Zweiradsicherheit Nr. 8, Tagungsband der 2. Internationalen Motorradkonferenz 1998, Institut für Zweiradsicherheit, Essen, 1998
- [20] Otte, D.; Suren, E.-G.; Appel, H.: Lösungsansätze zur Verbesserung der Verletzungssituation des motorisierten Zweiradbenutzers. In: H. Koch (Hrsg.): Passive Sicherheit für Zweiradfahrer: Referate des 2. Bochumer Workshops für Zweiradsicherheit. Forschungshefte Zweiradsicherheit, Bd. 5. Bochum, 1987.
- [21] Pfafferoth, I.; Müffeler-Römer, A.: Zur Altersstruktur motorisierter Zweiradfahrer. In: Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 37 (1991) 3.
- [22] Rheinberg, F.: Flow-Erleben, Freude an riskantem Sport und andere „unvernünftige“ Motivationen. In: H. Heckhausen; J. Kuhl (Hrsg): Kognition, Motivation und Handlung. Göttingen 1990.
- [23] Schlag, B.; Ellinghaus, D.; Steinbrecher, J.: Risikobereitschaft junger Fahrer. Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr, Bd. 58. Bremerhaven, 1986.
- [24] Schulz, U.; Brendicke, R.; Kerwien, H.: Young motorcycle riders' risk taking. In: The Human Element. Proceedings of the International Motorcycle Safety Conference, Orlando, Florida. Orlando, 1990.
- [25] Schulz, U.; Kerwien, H.: Risikowahrnehmung, Risikoeinschätzung und Risikobereitschaft junger Motorradfahrer. In: H. Koch (Hrsg.): Motorradfahren. Faszination und Restriktion. Institut für Zweiradsicherheit, Bochum, 1990.

- [26] Schulze, H.: Zur Ökologie jugendlichen Freizeit- und Verkehrsverhaltens. In: A. Cohen; R. Hirsig (Hrsg.): Fortschritte der Verkehrspsychologie '90. 30. bdp-Kongreß für Verkehrspsychologie. Rorschach, 1990.
- [27] Smart Wheels for City Streets. Solving the Urban Transport Dilemma: Powered Two-Wheelers – a practical alternative. / Association des Constructeurs Europaens de Motorcycles. – Brüssel, ACEM: ohne Jahr. – 16 S.
- [28] Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Verkehr, Fachserie 8, Reihe 7, Verkehrsunfälle. Wiesbaden, Jahressbände.
- [29] Statistisches Bundesamt: Motorradunfälle 1996. Sonderdruck aus Wirtschaft und Statistik 9/1997. Wiesbaden, 1997.
- [30] Verband der Schadenversicherer (Hrsg.): Pkw/Motorradkollisionen. Ansatzpunkte für die Bewertung der Risikoexponierung. München, 1996.
- [31] Weißbrodt, G.: Fahranfänger im Straßenverkehr. Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr, Bd. 70, Bremerhaven, 1989.

**Subjektive Sicherheit bei Rennstreckentrainings
für Motorradfahrer**

***Perceived Safety in Racetrack Training Courses
for Motorcyclists***

Hartmut Kerwien

Universität Bielefeld – Bielefeld
Deutschland

Hubert Ruhdorfer

ADAC e.V. – München
Deutschland

Abstract

Research on dangerous leisure-time pursuits [5] has revealed that inexperienced participants initially rate their competence as low and the risk as high. After several days of training, these ratings become less extreme and shift to intermediate levels on which participants experience optimal pleasure. Analogue to this, models of risky behavior in road traffic [e.g. 4, 9] indicate that training may lead not only to increases in perceived safety but also to a greater willingness to engage in risky behavior. Such risk constellations have been reported by, for example, Große-Berndt and Niesen [2] in their study on the impact of safety trainings for motorcyclists. The present study examined 58 experienced participants in a racetrack training for motorcyclists held at the North loop of the Nürburg racetrack in Germany. They had to rate their well-being on 7-point scales three times during one day of training. Results showed no increase in perceived safety and competence among experienced motorcyclists, and no statistically significant increase in the willingness to take risks. However, there were significant increases in perceived tension, self-reported activity level, and driving pleasure. Moreover, the rating on perceived safety was always higher than the rating on perceived competence.

Forschungen zu gefährlichen Freizeittätigkeiten [5] ergaben, dass bei unerfahrenen Risikosportlern die subjektive Kompetenz bezüglich der gefährlichen Tätigkeit anfänglich niedrig und das subjektive Risiko hoch eingeschätzt wird. Durch mehrtägliches Training pendeln sich Risiko- und Kompetenzeinschätzungen auf ein mittleres Niveau ein, bei dem die Risikosportler einen optimalen Genuss empfinden. Modellvorstellungen zum Risikoverhalten im Straßenverkehr [4, 9] legen analog nahe, dass die subjektive Sicherheit durch Training ansteigen kann, aber auch die Bereitschaft, sich riskant zu verhalten. Diese sicherheitsabträglichen Zusammenhänge fanden beispielsweise Große-Berndt und Niesen [2] in einer Wirkungsuntersuchung zum Sicherheitstraining für Motorradfahrer. In der vorliegenden Untersuchung wurde 58 erfahrenen Teilnehmern an einem Rennstreckentraining für Motorradfahrer auf der Nürburgring – Nordschleife drei Mal, über einen Trainingstag verteilt, ein Fragebogen vorgegeben, in dem sie ihre Befindlichkeit auf einer siebenstufigen Ratingskala einschätzen sollten. Es kann gezeigt werden, dass es bei erfahrenen Motorradfahrern nicht zu einem Zuwachs an subjektiver Sicherheit und Kompetenz kommt und die Risikobereitschaft nicht statistisch bedeutsam ansteigt, wohl aber die erlebte Anspannung, das berichtete Aktivitätsniveau und der Fahrgenuss. Die Einschätzung der subjektiven Sicherheit ist dabei immer höher ausgeprägt als die eingeschätzte Kompetenz.

Des recherches scientifiques sur des activités de loisirs ont montré [5] que la compétence subjective concernant l'activité dangereuse est estimée basse au début et que le risque subjectif en même temps est estimé élevé. À l'aide d'entraînement pendant quelques jours les estimations de risque et de compétence sont ajustées à un niveau moyen qui provoque un plaisir optimal parmi les motards.

Les idées du modèle concernant le comportement de risque en circulation [p. e. 4, 9] recommandent instamment et analogiquement, que la sécurité subjective peut augmenter avec l'entraînement, mais avec ça la disposition à prendre des risques augmente également. Ces relations qui diminuent la sécurité ont été trouvées entre autres par Große-Berndt et Niesen [2] dans une recherche d'effet de l'entraînement des motards. Dans la recherche en l'espèce 58 motards expérimentés qui ont participé trois fois aux entraînements sur le parcours du Nürburgring-Nordschleife ont reçu un questionnaire pendant la journée afin d'estimer leur état sur une échelle de sept degrés. On peut montrer, qu'il n'y a pas d'augmentation de sécurité subjective chez les motards expérimentés et que la disposition à prendre du risque n'augmente pas statistiquement de manière significative. Ce qui augmente par contre sont la compétence subjective, la tension sentie, le niveau d'activité rapporté et le loisir de conduite. L'estimation de la sécurité subjective est constamment plus élevée que la compétence estimée.

Einleitung

Nach Auskunft des Allgemeinen Deutschen Automobil-Club [ADAC] haben im Jahr 1999 insgesamt 23.291 Motorradfahrer an den zumeist eintägigen Verkehrssicherheitstrainings für Motorradfahrer nach den Richtlinien des Deutschen Verkehrssicherheitsrates (DVR) teilgenommen. Zu dieser beeindruckenden Zahl von trainingswilligen Fahrern müssen noch all diejenigen Fahrer hinzugerechnet werden, die Trainings weiterer Anbieter wie Vereinen, Privatveranstaltern, Motorradhelm- und Reifenfirmen besucht haben. Weiterhin ist das vielfältige Trainingsangebot auf abgesperrten Arealen wie Moto-Cross- oder Endurostrecken und Rennstrecken zu beachten sowie kombinierte Angebote von Veranstaltern für Motorradreisen. Auf diesem „Trainingsmarkt“ spielen die Trainings auf Rennstrecken eine besondere Rolle. Je nach Selbstverständnis des Anbieters werden sie Perfektionstraining, Fahrertraining, Rennstreckentraining oder auch Rennstrecken-Sicherheitstraining genannt. Dem Trainingsareal entsprechend werden zumeist sportlich ambitionierte Fahrer angesprochen. Der Veranstalter des in diesem Beitrag betrachteten Trainings ist der ADAC, der sich von anderen Veranstaltern in der Ansprachestrategie insofern unterscheidet, dass er in seinen Ausschreibungen explizit darauf hinweist, dass es sich nicht um ein „Rennttraining“ handelt, dass Fahrer aller Motorradtypen willkommen sind und dass während des Trainings, Elemente des Sicherheitstrainings durchgeführt werden.

Die oben angesprochenen Elemente des Sicherheitstrainings, die bei den hier betrachteten Rennstreckentrainings an die Inhalte der eintägigen Trainings nach dem DVR-Standard angelehnt sind, konzentrieren sich in der Regel auf die Vermittlung von Fahrmanövern, die es dem Fahrer ermöglichen sollen, in kritischen Verkehrssituationen eine probate, weitestgehend automatisierte Reaktion, abzurufen. Dass die geforderten Reaktionen in kritischen Realverkehrssituationen dann tatsächlich automatisch ablaufen, also nach Spiegel [8] von der „Tiefenperson“ gesteuert werden, kann nur durch ständiges Üben und Anwenden jenseits des punktuellen Trainings erreicht werden. Das Besondere des Trainings auf einer Rennstrecke, wie hier der Nürburgring-Nordschleife, kann allerdings darin gesehen werden, dass einige Aspekte wie beispielsweise das Kurvenfahren auf der Strecke verfestigt werden können. Diese Art der praktischen Umsetzung des Gelernten kann auf den räumlich manchmal etwas knapp bemessenen Übungsplätzen für das eintägige Sicherheitstraining nicht durchgeführt werden.

Wenn Rennstreckentrainings keine reinen Spaßveranstaltungen darstellen sollen, auch wenn Sicherheit gepaart mit viel Spaß und sportlicher Herausforderung vermittelt wird, kann das Ziel letztlich nur darin liegen, Fehlverhaltensweisen, kritische Situationen und Unfallzahlen sowie Unfallschweren zu verringern und somit die Verkehrssicherheit zu erhöhen. Ein wesentlicher Trainingseffekt besteht folglich darin, die fahrerischen Kompetenzen der Teilnehmer zu steigern. Wie Fahrer mit

ihrer (gestiegenen) fahrerischen Kompetenz umgehen können und welche Erlebniszustände damit in Verbindung stehen, behandelt das folgende Kapitel.

Subjektive Sicherheit und Flow – Erlebnisse beim Motorradfahren.

Verschiedenste Risikoverhaltensmodelle wie beispielsweise die Risikohomöostasethorie von Wilde [9] oder auch das Modell der objektiven und subjektiven Sicherheit von Klebelsberg [4], lassen die Möglichkeit zu, dass Trainingsmaßnahmen einen kontraproduktiven Effekt im Hinblick auf die Verkehrssicherheit erzeugen können. Demnach wäre es möglich, dass Trainingsteilnehmer die Überzeugung bekommen könnten, dass sie Gefahren durch das Einüben von Notmanövern besser bewältigen können und sie sich als Resultat näher an die eigenen Grenzwerte und die des Motorrades heranwagen. Der Sicherheitszugewinn durch das Training würde folglich durch riskantere Fahrweisen wieder aufgezehrt. So fanden Große-Berndt und Niesen [2] bei einer Wirksamkeitsuntersuchung des eintägigen Sicherheitstrainings für Motorradfahrer, dass die Selbsteinschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit, also die subjektive Sicherheit, drei Monate nach dem Kurs angestiegen war. Kerwien [3] fand bei einer Wirksamkeitsuntersuchung zum Rennstreckensicherheitstraining, dass die Kompetenzüberzeugung, die Leistungsmotivation sowie die Risikobereitschaft kurz nach dem Training angestiegen war. Längerfristige Auswirkungen des Trainings konnte er allerdings nicht feststellen. Wie immer solche Ergebnisse bezüglich der Verkehrssicherheit interpretiert werden können lässt sich konstatieren, dass die Möglichkeit einer gestiegenen subjektiven Sicherheit oder einer Risikokompensation in Bezug auf Fahrsicherheitstrainings immer wieder diskutiert wird.

Wodurch aber entsteht das subjektive Sicherheitsgefühl? Weiter oben wurde schon angedeutet, dass das subjektive Sicherheitsgefühl eng mit der erlebten Leistungsfähigkeit bzw. Kompetenz zusammenhängt. Wenn dann zur erlebten Kompetenz die entsprechenden situativen Anforderungen existieren und beides optimal aufeinander abgestimmt ist, erlebt der Fahrer nach Csikszentmihalyi [1] und Rheinberg [7] ein reflexionsfreies, gänzlich Aufgehen in einer glatt laufenden Tätigkeit, die er trotz hoher Anforderungen unter Kontrolle hat, er erlebt Flow. Im Zustand des Flow (Flusserleben) wird die ganze Aufmerksamkeit auf das augenblickliche Tun konzentriert. Alle anderen, störenden Aspekte werden ausgefiltert. Das Verhalten „funktioniert“ auf einer tiefen Bewusstseinsebene, die kaum mehr der willentlichen (rationalen) Kontrolle unterliegt. Dieser Zustand ist äußerst angenehm und gefährlich zugleich. Ohne merkliche Anstrengung wird immerhin eine Tätigkeit ausgeübt, die sich an der Grenze zwischen Kontrolle und Verlust derselben bewegt, bei der man sich gleichwohl sicher fühlt. Lassen die Anforderungen nach, wird Langeweile erlebt, da man prinzipiell mehr zu leisten imstande ist. Wird das Optimum zwischen Kompetenz und Anforderung in der anderen Richtung gestört, entsteht Angst. Das

abgestimmte Optimum zwischen Anforderung und Kompetenz führt demnach zu einem Wohlgefühl, welches, einmal erlebt, immer wieder angestrebt und als „sicher“ erlebt wird. Weitert der Fahrer seine Kompetenz aus, muss er konsequenterweise die Fahraufgabe „schwieriger“ machen, um den Flowzustand auch zukünftig erreichen zu können. Je schwieriger der Fahrer die Aufgabe aber macht, um so riskanter kann sie im Straßenverkehr angesehen werden. Wenn unterschiedliche Aufgabenschwierigkeiten bzw. Anforderungen mit verschiedenen hohen Risiken einhergehen, kann das Flowerleben auch als ein optimaler Abgleich zwischen Risiko und Kompetenz angesehen werden. Diesem Abgleich zwischen Risiko und Kompetenz und den damit verbundenen Erlebniszuständen wird in einem Teilgebiet der Freizeitforschung eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Es handelt sich um das sogenannte „Adventure Experience Paradigma“ [Priest & Carpenter, 1993, 6]. Kennzeichen dieses Paradigmas ist, dass die möglichen Erlebniszustände in Abhängigkeit von den Risiko- und Kompetenzeinschätzungen weiter ausdifferenziert werden als bei Csikszentmihalyi [1] und Rheinberg [7].

Risk Recreation und das Adventure Experience Paradigma

Ein Teilbereich der Freizeitforschung beschäftigt sich mit mehr oder weniger gefährlichen Tätigkeiten, die in der Freizeit zum Zwecke der Erholung durchgeführt werden (risk recreation). Dabei handelt es sich zumeist um Freizeitsportarten wie beispiels-

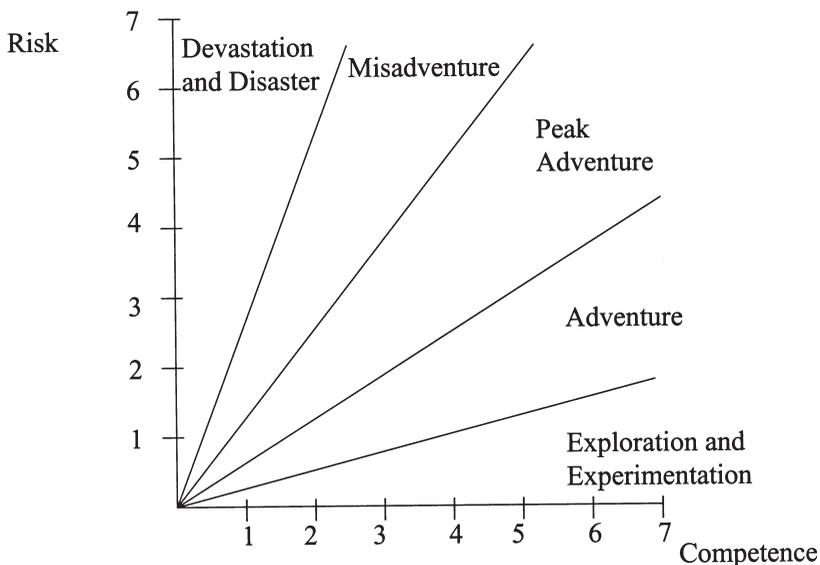


Abbildung 1: Das Adventure Experience Paradigma (modifiziert nach Priest & Carpenter, 1993)

weise Drachenfliegen oder Skifahren, die mit einem gewissen Verletzungsrisiko verbunden sind. Personen, die solche Freizeitsportarten betreiben werden von Priest und Carpenter [6] „Abenteurer“ genannt. Das „Adventure Experience Paradigma“ beschreibt, welche Erlebniszustände aus dem Abgleich zwischen Risiko und Kompetenz entstehen können, wobei ein „Abenteurer“ jeweils das Risiko eingeht, das zu seiner momentanen Kompetenz passt. Möchte beispielsweise ein Skifahrer nach einjähriger Pause wieder seinem Sport frönen, wird er zunächst eine vermeintlich leichte Abfahrt nehmen, weil er weiß, dass der Bewegungsablauf beim Skifahren zunächst erst wieder eingeschliffen werden muss, um den optimalen Genuss zu erreichen. Merkt er, dass die gewohnten Fertigkeiten wieder zur Verfügung stehen, wird er die nächst schwierigere Abfahrt wählen, da er ja mehr kann, als die leichte Abfahrt von ihm abverlangt. Auf diese Weise tastet er sich immer näher an seine Grenzen heran, die er u. U. auch überschreiten kann, wenn er zum Beispiel auf einer „schwarzen“ Abfahrt stürzt und sich leichte Blessuren einhandelt. Im letzten Falle war das Risiko zu hoch für die zur Verfügung stehende Kompetenz. Abbildung 1 zeigt die verschiedenen Erlebniszustände, die als Resultat aus unterschiedlichen Risiko- und Kompetenzausmaßen entstehen können.

Dem Flusserleben entspräche im „Adventure Experience Paradigma“ der Erlebniszustand des „Peak Adventure“. Risiko und Kompetenz stehen dann in einer optimalen Balance zueinander. Priest und Carpenter [6] hypothetisiert, dass Menschen bestrebt sind, „Peak Adventure“ Erlebnisse immer wieder aufzusuchen und verbindet mit diesem Erlebnis einen optimalen Erregungszustand. In einer Untersuchung mit unerfahrenen Wildwasser-Kanufahrern fanden Priest und Bunting [5], dass sich die Risiko- und Kompetenzeinschätzungen der Kanufahrer im Laufe der Zeit so veränderten, dass es letztlich zu „Peak Adventure“ Erlebnissen kam. Zunächst schätzten die unerfahrenen Risikosportler das Risiko hoch und ihre eigene Kompetenz gering ein und berichteten gleichsam von einem Unwohlsein, welches die Tätigkeit begleitete. Mit steigender Kompetenz und niedrigeren Risikoeinschätzungen stellte sich das Wohlgefühl des „Peak Adventures“ ein, wobei die Kanufahrer Gefühle thematisierten, die dem Agieren auf des „Messers Schneide“ nahe kamen. Um die eigenen Grenzen auszuloten kam es dabei durchaus auch zu Erfahrungen, die mit blauen Flecken, Kratzern und Verstauchungen verbunden waren. Folglich wurde „Misadventure“ erlebt. „Devastation und Disaster“ würde sich dann einstellen, wenn es tatsächlich um Leben und Tod ginge.

Untersuchung auf der Nürburgring-Nordschleife

Fragestellungen

Geht man davon aus, dass Motorradfahren allgemein schon Elemente einer Risikosportart besitzt, da Motorradfahrer immerhin keine Knautschzone besitzen, so trifft dies sicherlich besonders auf das Befahren der Nürburgring-Nordschleife mit

einem Motorrad zu. Die Möglichkeit eines Sturzes ist immer präsent. Es fehlt auf der Nordschleife an vielen Stellen an ausreichenden Sturzräumen, so dass ein Sturz durchaus gravierende Folgen haben kann. Bevor es aber bei solchen Trainings zum „Rundenfahren“ auf der Strecke kommt, wird, wie weiter oben schon angeführt, ein kurzes Sicherheitstraining mit den Teilnehmern durchgeführt. Danach werden die Teilnehmer in Gruppen von ca. 7–8 Fahrern von erfahrenen Instruktoern über die Rennstrecke geleitet. Die erste grobe Gruppeneinteilung erfolgt vorab über eine schriftliche Selbsteinschätzung der Teilnehmer und anhand des Motorradtyps. Nach dieser groben Zuordnung besteht natürlich auch noch später die Möglichkeit, die Gruppe zu wechseln. Die gefahrene Geschwindigkeit auf der Strecke wird vom Instruktor so gewählt, dass die Gruppe geschlossen folgen kann. Nach und nach werden die Rundenzeiten und somit die Durchschnittsgeschwindigkeiten gesteigert. Da es sich bei den Teilnehmern in der Regel um erfahrenere Fahrer handelt stellt sich die Frage, wie deren Risiko- und Kompetenzeinschätzungen bei einem Rennstreckentraining ausfallen, zumal die Wahl der Geschwindigkeit, also des Risikos, nicht individuell vorgenommen werden kann, sondern vom Instruktor vorgegeben wird.

Bezüglich des “Adventure Experience Paradigmas” und dem Konzept der subjektiven Sicherheit bzw. des subjektiven Risikos sollte bei dieser Untersuchung folgenden Fragen nachgegangen werden:

- Erleben die Teilnehmer an einem Rennstreckentraining “Peak Adventure”?
- Verändern sich die Risiko- und Kompetenzeinschätzungen bei erfahrenen Motorradfahrern während des Trainings, wie es Priest und Bunting [5] für unerfahrene Kanufahrer gefunden haben? Steigt also die subjektive Sicherheit bzw. sinkt das subjektive Risiko?
- Gibt es Hinweise dafür, dass die Risikobereitschaft während des Trainings steigt und somit ein eventuell vorhandener Sicherheitszugewinn wieder aufgezehrt wird?
- Welche weiteren Befindlichkeiten geben Auskunft darüber, wie sich die Teilnehmer während des Trainings fühlen?
- Welche Schlussfolgerungen lassen sich zur Ausgestaltung und Erlebnisqualität von Rennstreckentrainings ziehen?

Methode

Um diese Fragen beantworten zu können, mussten 58 Motorradfahrer über einen ganzen Tag hinweg ihre Befindlichkeit dreimal mittels eines kurzen Fragebogens einschätzen. Der erste Messzeitpunkt wurde direkt nach der sogenannten Ein-

führungsrunde festgesetzt. Diese Einführungsrunde dient dem groben Kennenlernen der Strecke. Sie wird zwar zügig, aber ohne größere Bremsmanöver gestaltet. Der zweite Messzeitpunkt lag nach der ersten Hälfte des Trainings und der dritte kurz vor Beendigung des Trainings.

Der Fragebogen bestand aus insgesamt 11 Befindlichkeitsitems, die auf einer siebenstufigen Ratingskala mit den Polen „gar nicht“ bis „außerordentlich“ bezüglich der Frage „Wie würdest Du deine momentane Befindlichkeit beschreiben?“ eingestuft werden mussten. Die Itemliste bestand aus folgenden Begriffen: aktiv, träge, angespannt, kompetent, ärgerlich, sicher, träumerisch, unglücklich, locker, risikobereit und gut gelaunt. Das Item „sicher“ wurde umgepolt und kann deshalb als „unsicher“ verstanden werden und fungiert als indirekte Risikoeinschätzung.

Die Daten wurden mittels SPSS 9.0 analysiert. Es wurden deskriptive Statistiken wie Mittelwerte und Korrelationen berechnet sowie Varianzanalysen für Messwiederholungen.

Ergebnisse

Erleben die Teilnehmer an einem Rennstreckentraining “Peak Adventure”?

Aus der oben angeführten Itemliste wurden die Begriffe „unsicher“ und „kompetent“ mit ihren durchschnittlichen Ausprägungen gemeinsam in das Koordinatensystem des „Adventure Experience Paradigmas“ [Abbildung 2] eingetragen. Auf der Ordinate wird die subjektive Unsicherheit (Risk) und auf der Abszisse die eingeschätzte Kompetenz (Competence) abgetragen. Der erste Messzeitpunkt wird als weiße, der zweite als graue und der dritte als schwarze Raute dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Teilnehmer zu allen drei Messzeitpunkten “Peak Adventure” erleben. Es ist weiterhin zu erkennen, dass kaum Veränderungen in den Einschätzungen auftreten.

Wenn Risikosportler tatsächlich danach trachten, “Peak Adventure” zu erleben, dann sind die Teilnehmer an Rennstreckentrainings für Motorradfahrer optimal gefordert, denn sie werden an ihre Grenzen geführt. Dem “Adventure Experience Paradigma“ zufolge haben sie dabei den optimalen Genuss verspürt.

Risiko- und Kompetenzeinschätzungen während des Trainings

Wie aus Abbildung 2 zu entnehmen ist, verändern sich die Risiko- Kompetenzeinschätzungen in ihrer Kombination über die drei Messzeitpunkte hinweg kaum. Abbildung 3 zeigt die Einschätzungen der Teilnehmer für beide Variablen isoliert

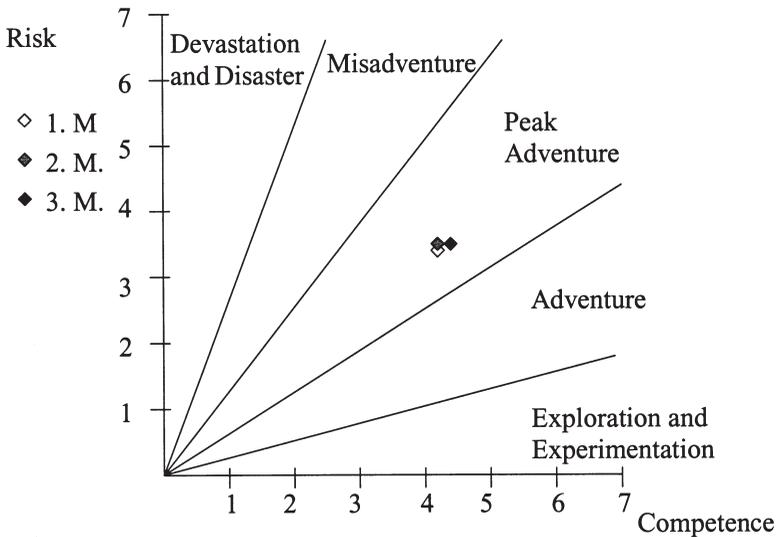


Abbildung 2: Risiko und Kompetenz zu drei Messzeitpunkten

voneinander. Die eingeschätzte Kompetenz wird mit einer geschlossenen schwarzen Linie und Rauten, das eingeschätzte Risiko mit einer gestrichelten Linie und Dreiecken dargestellt. Um die Möglichkeit einer Veränderung über die Zeit zu überprüfen, wurde jeweils eine Varianzanalyse für Messwiederholungen berechnet. Die Überprüfung ergab, dass sich die Kompetenzeinschätzungen über die Zeit nicht

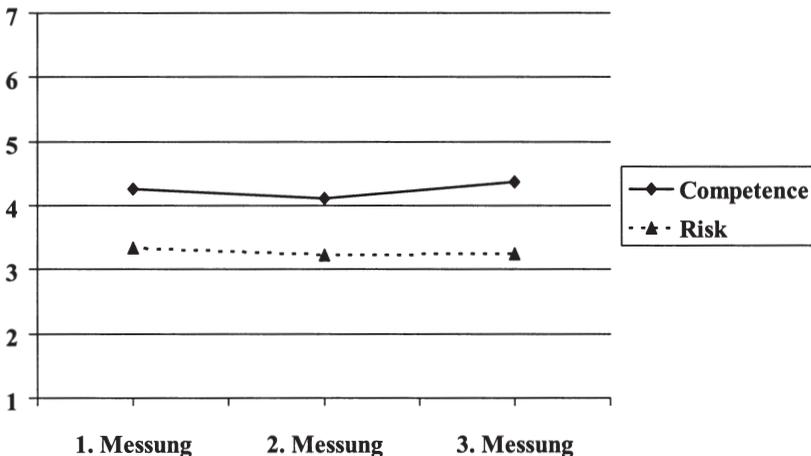


Abbildung 3: Risiko- und Kompetenzeinschätzungen im Verhältnis zueinander

signifikant verändert haben ($F=1.680$; $p=.191$). Gleiches gilt für die Risikoeinschätzungen ($F=0.426$; $p=.654$). Es kann folglich nicht davon ausgegangen werden, dass die subjektive Sicherheit zum Trainingsende hin ansteigt bzw. das subjektive Risiko abnimmt. Der Grafik ist noch ein weiterer wesentlicher Aspekt zu entnehmen. Absolut gesehen wird die Kompetenz zu jedem Zeitpunkt höher eingeschätzt als das Risiko. Die Teilnehmer fahren demnach nicht ganz auf des „Messers Schneide“. Sie besitzen zumindest ein subjektives Sicherheitspolster.

Risikobereitschaft und Befindlichkeit während des Trainings

In der folgenden Grafik (Abbildung 4) ist einerseits die eingeschätzte Risikobereitschaft dargestellt und andererseits diejenigen Befindlichkeiten, deren Mittelwerte sich zwischen den Messzeitpunkten statistisch bedeutsam unterscheiden.

Obwohl die mittleren Einschätzungen der Risikobereitschaft zum Trainingsende hin leicht ansteigen, unterscheiden sich die Mittelwerte nicht statistisch bedeutsam voneinander ($F=1.459$; $p=.237$). Interessant erscheint, dass die mittlere Risikobereitschaft ähnlich ausgeprägt ist wie die eingeschätzte Anspannung während des Trainings. Die durchschnittliche Korrelation der beiden Einschätzungen beträgt $r=.68$. Risikobereitschaft wird von den befragten Motorradfahrern folglich zu einem gewissen Anteil mit Anspannung assoziiert. Weiterhin ist der Abbildung zu entnehmen, dass die Anspannung zum Trainingsende hin ansteigt, die Lockerheit abnimmt und das Aktivitätsausmaß ansteigt. Die höchsten Werte nimmt die „gute Laune“ an.

Diskussion der Ergebnisse

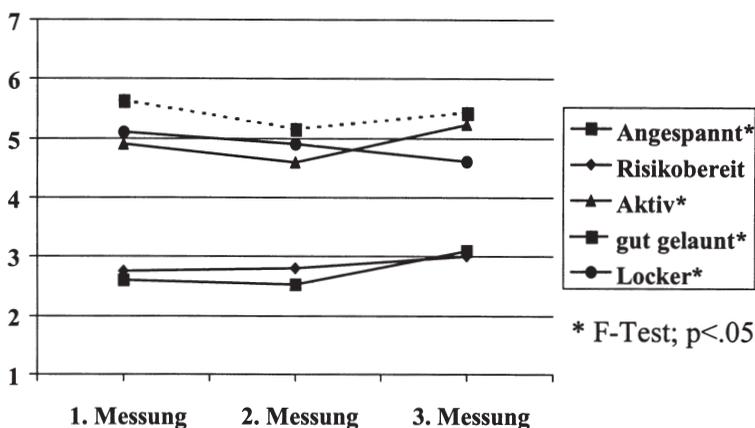


Abbildung 4: Risikobereitschaft und Befindlichkeiten während des Trainings

»Peak Adventure« bedeutet ein optimales Verhältnis zwischen wahrgenommenem Risiko und der eigenen Kompetenz. Eine Risikosportart wie das Motorradfahren, und im Speziellen das Fahren auf einer Rennstrecke, würde dann langweilig werden, wenn das wahrgenommene Risiko, also die Aufgabenschwierigkeit, die mit der auf der Rennstrecke gefahrenen Geschwindigkeit korrespondiert, gegenüber der eigenen Leistungsfähigkeit zu gering wäre.

Die Teilnehmer am Rennstreckensicherheitstraining erleben den Untersuchungsergebnissen gemäß zu jedem Zeitpunkt „Peak Adventure“.

Das bedeutet, dass die Instrukturen im Durchschnitt die richtige Geschwindigkeit (das richtige Risiko) gewählt haben, welche zu der Kompetenz der Teilnehmer passte. Das Ergebnis ist, dass die Teilnehmer während des Trainings gut gelaunt sind, also optimalen Genuss empfinden.

In den seltenen Fällen, in denen das Risiko zu hoch gewählt wird, der Instruktor also zu schnell fährt, nehmen die Abstände zwischen den Teilnehmern in der hinterherfahrenden Gruppe zu und werden im extremsten Falle so groß, dass die Gruppe auseinander bricht. Teilnehmer, die dann den Anschluss wiederherstellen wollen erleben u. U. „Misadventure“, da sie sozusagen am Limit fahren müssen.

Die Instrukturen müssen folglich deutlich angewiesen werden, die Gruppe zusammenzuhalten, da sonst Angst, Unsicherheit und großes Unwohlsein bei den Teilnehmern entsteht. Kommt es gar zu einem Sturz sind sogar „Devastation and Disaster“ Erlebnisse möglich.

Um weiterhin den optimalen Genuss und somit die optimale Anforderung für jeden Teilnehmer am Training zu gewährleisten, ist eine verlässliche „Diagnose“ der Fahrkompetenz vonnöten, damit die Zusammensetzung in den einzelnen Gruppen möglichst homogen ist. Diese Diagnose sollte in den drei folgenden Schritten stattfinden.

- 1. Grobeinteilung der Gruppen über ein geeignetes Instrument zur Erfassung der Fahrmotive der Teilnehmer.**
- 2. Eventuelle Korrektur der Grobeinteilung mittels Beobachtung der Fahrzeugbeherrschung bei den Übungen des Sicherheitstrainings durch die Instrukturen.**
- 3. Letzte Korrektur der Gruppenzusammensetzung durch Beobachtung der Gruppe beim sogenannten Rundenfahren, um Über- oder Unterforderung weitestgehend auszuschließen.**

Wird Schritt 1 durch die Befragung der Teilnehmer in den Anmeldeunterlagen

erreicht, sind bei den Schritten 2 und 3 die Instruktoren gefordert. Die Instruktoren müssen einerseits zu einer solchen Diagnose fähig sein und tragen andererseits dadurch ein hohes Maß an Verantwortung. Aber nur auf diese Art und Weise können Teilnehmer behutsam an ihre Grenzen geführt und die existierenden Fahrkompetenzen ausgeweitet und verbessert werden.

Oft wird ein unerwünschter Nebeneffekt von Trainingsmaßnahmen diskutiert, nämlich die Zunahme der subjektiven Sicherheit bzw. die Abnahme des subjektiven Risikos oder gar eine Zunahme der Risikobereitschaft. Dabei wird davon ausgegangen, dass das Sicherheitspolster geringer wird und somit die Unfallgefahr steigt. Wenn Teilnehmer während des Trainings nach ihren Einschätzungen gefragt werden, wie hier geschehen, ist keine Zunahme der subjektiven Sicherheit bzw. eine Abnahme des subjektiven Risikos sowie keine Zunahme der subjektiven Kompetenz zu beobachten. Die Einschätzungen bleiben über einen ganzen Tag hinweg im inferenzstatistischen Sinne konstant. Dieses Ergebnis ist ebenfalls vermutlich auf das geleitete Fahren zurückzuführen. Durch das langsame Steigern des objektiven Risikos (der Geschwindigkeit) wächst zeitgleich auch die objektive Fahrkompetenz der Teilnehmer. Dadurch, dass beides gleichförmig passiert und zueinander passt, empfinden die Teilnehmer Kompetenz und Risiko unverändert. Dabei ist die Einschätzung der Kompetenz immer höher ausgeprägt als die des Risikos. Die vorhandene objektive Sicherheitsmarge spiegelt sich demnach in der durchschnittlichen Einschätzung der Teilnehmer wider. Sie fahren immer noch mit einem gewissen Sicherheitspolster. Es lässt sich vermuten, dass es zu Veränderungen in der subjektiven Sicherheit und Kompetenz kommen würde, wenn die Teilnehmer ihre Geschwindigkeit selbst wählen könnten. Dadurch würden "Misadventure" Erlebnisse wahrscheinlicher, da die Teilnehmer ihre Grenzen schließlich selbst herausfinden müssten.

Vom sogenannten „freien Rundenfahren“ in der Gruppe am Ende eines Trainings, wie es durchaus schon bei anderen Veranstaltern durchgeführt wurde, kann deshalb nur abgeraten werden.

Dadurch, dass die Einschätzungen von Risiko und Kompetenz unverändert bleiben, ergeben sich ebenfalls keine Veränderungen in der Risikobereitschaft.

Es kann also festgehalten werden, dass während eines Rennstreckentrainings keine ungünstigen Wirkungen auf die subjektive Sicherheit, die subjektive Kompetenz sowie auf die Risikobereitschaft festgestellt werden kann.

Bezüglich der erfragten Risikobereitschaft ist ein weiteres Ergebnis von besonderem Interesse. Risikobereitschaft korrespondiert mit der erlebten Anspannung. Je angespannter die Teilnehmer sich fühlen, desto risikobereiter schätzen sie sich ein bzw. vice versa. Obwohl eine Produkt Moment Korrelation keine kausale Rich-

tung induziert erscheint es plausibel, dass der Grad der muskulären und mentalen Anspannung eine Rückmeldung über den eigenen Sicherheitszustand liefert. Dementsprechend fällt die Einschätzung des Aktivitätsausmaßes durch die Teilnehmer aus. Die Aktivität steigt zum Trainingsende hin an. Das bedeutet, dass die Teilnehmer im Laufe des Trainings immer mehr Energie aufwenden müssen. Motorradfahren ist ein Sport, für den Energie bzw. Kondition bereitgestellt werden muss, wie für jeden anderen Sport, wie beispielsweise ein mehrstündiges Tennismatch auch. Berücksichtigt man zusätzlich, dass die Lockerheit zum Trainingsende hin abnimmt, ergeben sich mehrere Schlussfolgerungen für die Gestaltung eines Rennstreckentrainings.

Es sollten vor allem während des letzten Drittels eines Trainings Lockerungsübungen mit den Teilnehmern durchgeführt werden.

Hier wären an erster Stelle die Empfehlungen Spiegels [8] zu beachten, die auch von Laien gut umzusetzen sind.

Zum anderen verlangen die Ergebnisse zur Anspannung bzw. Lockerheit und Aktivität zwingend, **dass die letzte Runde nicht die Königsrunde werden darf**, sondern eine etwas verhaltenere Runde, so wie ein Fußballspieler nach einem 90-minütigen Spiel in Ruhe „ausläuft«. Diese Runde darf allerdings nicht zu langsam angegangen werden, da die Konzentration auf das Fahren nach einem harten Trainingstag schnell nachlassen kann, da sich aufgrund der zu geringen Anforderung (Risiko) bei gleichbleibend hoher Kompetenz Langeweile einstellt. Die Langeweile wird bei einer zu langsam gefahrenen letzten Runde eventuell dadurch kompensiert, dass sich die Fahrer der Streckenumgebung widmen, da sie kein Flow bzw. Peak Adventure mehr erleben. Damit es nicht zum „berüchtigten“ Unfall in der letzten Runde kommt, könnte diese Runde mit beispielsweise „Minus 10%“ gefahren werden.

Als Fazit bleibt festzuhalten:

Das geleitete Fahren über eine Rennstrecke ist der „sicherste“ Weg, an die eigenen Grenzen herangeführt zu werden, um den optimalen Genuss schnellen Motorradfahrens erleben zu können.

Literatur

- [1] Csikszentmihalyi, M.: Das Flow Erlebnis: Jenseits von Angst und Langeweile: Im Tun aufgehen – Klett-Cotta / Stuttgart / 1985
- [2] Große-Berndt, G. / Niesen, K.: Wirksamkeitsuntersuchung zum ADAC-Motorrad-Sicherheitstraining. In: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bereich Unfallforschung / Köln / 1983
- [3] Kerwien, H.: Zur Wirkungsweise mehrtägiger Rennstreckentrainings für Motorradfahrer. In: F. Meyer-Gramcko, (Hrsg.), Verkehrspsychologie auf neuen Wegen: Herausforderungen von Straße, Wasser, Luft und Schiene. Fortschritte der Verkehrspsychologie 1998. 37. BDP-Kongress für Verkehrspsychologie. (478–488) Deutscher Psychologen Verlag GmbH / Bonn / 1999
- [4] Klebelsberg, D.: Risikoverhalten als Persönlichkeitsmerkmal / Berlin / 1969
- [5] Priest, S. / Bunting, C.: Changes in Perceived Risk and Competence During Whitewater Canoeing. In: Journal of Applied Recreation Research, 18 (4), (265–280) / 1993
- [6] Priest, S. / Carpenter, G.: Changes in Perceived Risk and Competence During Adventurous Leisure Experiences. In: Journal of Applied Recreation Research, 18 (1), (50–71) / 1993
- [7] Rheinberg, F.: Flow-Erleben, Freude an riskantem Sport und andere „unvernünftige“ Motivationen. In: J. Kuhl & H. Heckhausen (Hrsg.), Motivation, Volition und Handlung. Enzyklopädie der Psychologie C/IV/4 (101–118) Hogrefe / Göttingen / 1996
- [8] Spiegel, B.: Die obere Hälfte des Motorrads. Vom Gebrauch der Werkzeuge als künstliche Organe. Vogel Verlag / München / 1999
- [9] Wilde, G. J. S.: Theorie der Risikokompensation der Unfallverursachung und praktische Folgerungen für die Unfallverhütung. In: Hefte zur Unfallheilkunde (1978) 130. S. 134–156

Wir möchten uns bei dem Leiter des Trainings am Nürburgring, Herrn Michael Bartz, bedanken, ohne dessen maßgebliche Initiative und Mithilfe die Durchführung der Untersuchung nicht möglich gewesen wäre. Weiterhin gebührt unser Dank Herrn Wolfgang Haase, der die Erhebung vor Ort mit viel Einfühlungsvermögen und Engagement durchgeführt hat.

**Bremsbeherrschung von Motorradfahrern –
Ergebnisse aus einem Großversuch**

***Braking Performance of Motorcyclists:
Results of a reliable Test Procedure***

Horst Ecker
Achim Fischer

Institut für Maschinendynamik und Meßtechnik,
Technische Universität Wien – Wien
Österreich

Kurt Vavryn
Martin Winkelbauer

Kuratorium für Verkehrssicherheit (KfV) – Wien
Österreich

Abstract

An experimental study was carried out to investigate the driving behavior of motorcycle riders during an emergency braking manoeuvre on a dry and straight test-track. A motorcycle with special equipment was used to measure braking forces on both wheels, the vehicle speed and other data. The rider reaction was triggered by the bright flare of a red lamp mounted on the instrument panel. The light could be switched on at any time by the test coordinator via remote control.

Altogether 209 single braking manoeuvres performed by 110 test persons were recorded. Male and female motorcyclists of all ages and various riding experience participated. Personal data of the volunteers were inquired with a questionnaire. Time histories of the braking forces were analyzed and characteristic parameters were derived like average deceleration and exploitation level of maximum deceleration. A statistical analysis was carried out and correlation between braking parameters and rider-related data was investigated.

The average value of the exploitation level of maximum deceleration was found to be at a rather low level of 58%. Correlation between the average mileage on a motorcycle per year of the test persons and the exploitation level was most significant. In general the braking force applied on the rear wheel was above the optimum value, leading frequently to wheel locking. The braking potential of the front wheel brake was exploited less than 50% as an average value. Time histories of the braking force distribution were plotted, categorized and compared with respect to optimal values.

Im Rahmen eines umfangreichen Versuchsprogramms wurde die Fahrzeugbeherrschung von Motorradfahrern untersucht. Bremsversuche wurden mit einem speziell ausgerüsteten Meßmotorrad auf einem Versuchsgelände auf gerader, trockener Strecke durchgeführt. Die Ausrüstung ermöglichte die getrennte Messung der auftretenden Bremskräfte an der Vorder- und an der Hinterradbremse. Zusätzlich wurden u. a. die Fahrgeschwindigkeit und das Signal zur Einleitung des Bremsvorganges aufgezeichnet. Die Reaktionsaufforderung der Testkandidaten erfolgte über eine gut sichtbare Signalleuchte am Motorrad, welche mittels einer Funkfernsteuerung zum Aufleuchten gebracht wurde.

Zur Auswertung gelangten insgesamt 209 Bremsversuche von 110 Fahrern und Fahrerinnen. Als Testpersonen stellten sich Teilnehmer an Motorrad-Fahrtechnikkursen zur Verfügung. Von den Testpersonen wurden mittels anonymer Fragebögen persönliche Fahrerparameter erhoben. Die gemessenen Zeitverläufe der Bremskräfte und der weiteren Meßgrößen wurden ausgewertet und verschiedene charakteristische Kennwerte bestimmt, wie etwa die erreichte zeitgemittelte Bremsverzögerung und der Ausnutzungsgrad der maximal möglichen Bremsverzögerung zufolge der Bremsbetätigung. Die Einzelergebnisse wurden für die Gesamtheit der Versuchspersonen einer statistischen Auswertung unterzogen. Im besonderen wurden Abhängigkeiten der Bremskennwerte von den erhobenen Fahrerparametern untersucht.

Der Mittelwert des Ausnutzungsgrades der maximal möglichen Bremsverzögerung zufolge der Betätigung beider Bremsen liegt bei 58%. Es zeigte sich, daß die durchschnittlich gefahrene Strecke pro Jahr den größten Einfluß im Hinblick auf einen besseren Ausnutzungsgrad hat. Tendenziell lag die aufgebrauchte Bremskraft an der Hinterradbremse über der optimalen Bremskraft, und sehr oft wurde das Hinterrad blockiert. Die Vorderradbremse wird im Mittel unter der Hälfte der maximal möglichen Bremskraft eingesetzt. Die Zeitverläufe der gemessenen Bremskraftverteilungen wurden in das Bremskraft-Verteilungs-Diagramm eingetragen, mit der Parabel der idealen Bremskraftverteilung verglichen und ihren Verlaufsformen nach kategorisiert.

Dans le cadre d'une ample étude expérimentale la capacité de conduite de motocyclistes a été investigée. A l'aide d'une motocyclette spécialement équipée d'instruments de mesure des essais de freinage ont été effectués sur une piste d'essai droite et sèche. L'équipement permettait le mesurement séparé des forces de freinage appliquées soit à la roue avant soit arrière, ainsi que la mise en mémoire de la vitesse et du signal initiant le freinage. Un feu bien visible sur la moto, allumé par télécommande, alertait les motocyclistes et les incitait à freiner.

En tout il s'agit de 209 essais de freinage exécutés par 110 motocyclistes. Les participants de cours de technique de conduite dont les dates personnelles ont été demandées par questionnaire anonyme s'y mettaient à disposition. L'enregistrement de temps des forces de freinage mesurés a été analysé et des paramètres caractéristiques comme la décélération moyenne et le niveau d'exploitation de la décélération maximale ont été calculés. L'analyse statistique se sert de l'ensemble des essais de tous les témoins et examine en particulier les influences des dates personnelles des motocyclistes sur leur manœuvres de freinage.

L'exploitation moyenne de la décélération maximale possible suite au freinage par les deux freins en même temps est de 58%. On constate le fait que l'expérience

des motocyclistes, c'est-à-dire le nombre moyen de kilomètres pilotés par année, a la plus grande influence sur l'efficacité du freinage. En général, la force de freinage appliquée au frein arrière excède la valeur optimale, ce qui mène fréquemment au blocage de la roue arrière. Le frein avant, par contre, est d'habitude utilisé avec seulement moins de la moitié de la force maximale. Les répartitions de la force de freinage mesurées et chronologiquement enregistrées sont alors présentées dans le diagramme de répartition de freinage, comparées avec la répartition idéale et catégorisées d'après leurs tracés.

1 Einleitung

Der Bremsvorgang ist ohne Zweifel eines jener Fahrmanöver mit einem Motorrad, welches höchste Anforderungen an das Fahrkönnen eines Motorrad-Fahrers stellt. Insbesondere in einer Gefahrensituation ist eine rechtzeitig eingeleitete und richtig ausgeführte Notbremsung oft die einzige Möglichkeit zur Unfallabwendung. Reifen und Bremsanlagen moderner Motorräder erlauben enorm hohe Verzögerungswerte, vorausgesetzt, daß das Fahrkönnen des Lenkers den technischen Möglichkeiten seines Fahrzeugs adequat ist.

Die geometrische Gegebenheiten bei Motorrädern, aber auch die konstruktive Ausführung heutiger Bremsanlagen sind dafür verantwortlich, daß das Abbremsen mit einem Motorrad dem Fahrer wesentlich mehr Geschicklichkeit abverlangt als z.B. mit einem PKW. Während dort mit der Einführung von Antiblockiersystemen (ABS) auf breiter Basis ein weiterer Schritt in Richtung einer vereinfachten Fahrzeughandhabung gesetzt werden konnte, steht eine vergleichbare Verbesserung im Bereich der einspurigen Fahrzeuge immer noch aus. Es wird zwar an der Entwicklung von Antiblockiersystemen für Motorräder seit etlichen Jahren gearbeitet und es sind auch solcherart ausgestattete Modelle, vornehmlich im Hochpreissegment, im Handel, aber der Anteil an einspurigen Fahrzeugen mit ABS im Straßenverkehr ist noch sehr klein.

Verbundbremssysteme, welche den Fahrer bei der Bremskraftverteilung zwischen dem Vorderrad und dem Hinterrad unterstützen, haben sich bis jetzt am Markt nicht durchsetzen können. Dies hat zur Folge, daß eine überwältigende Mehrheit von Motorradfahrern nach wie vor bei einer Bremsung an zwei unabhängigen Bremssystemen die Bremskraft individuell regeln muß und damit nicht selten überfordert ist [1].

Das Bremsverhalten von Motorradfahrern wurde in der Vergangenheit schon mit verschiedenen Zielsetzungen untersucht. Der überwiegende Anteil der Untersuchungen beschäftigt sich mit der Vollbremssituation in Geradeausfahrt auf einem abgesperrten Gelände, siehe z.B. [1, 2, 3]. Einige Arbeiten befassen sich aber auch mit der Kurvenbremsung [2, 10]. Während bei diesen Untersuchungen die Bremsmanöver in einer Versuchssituation gefahren wurden, registrierte Präckel in [4] die Abbremsungen von Testpersonen im realen Straßenverkehr.

Teilweise liegen diese Arbeiten schon längere Zeit zurück, teilweise stand der Nachweis des Sicherheitsgewinns von ABS-Anlagen oder Verbundbremsen im Vordergrund. In der hier vorgestellten Studie wurde, im Sinne einer aktuellen Bestandsaufnahme, auf eine möglichst große Anzahl von Testpersonen Wert gelegt und ein repräsentativer Querschnitt durch Österreichs motorradfahrende Bevölkerung angestrebt.

2 Untersuchungsmethodik

Um die Zielsetzung eines großen Fahrerkollektivs zu erreichen, wurden die Versuchspersonen unter den Teilnehmern an Motorrad-Fahrtechnikkursen des Österreichischen Automobil und Touring Clubs (ÖAMTC) angeworben. Mehr als 130 Testpersonen unterzogen sich im Laufe eines Sommers freiwillig einem Testprogramm auf einem Fahrtechnikgelände des ÖAMTC. Aus dieser Vorgangsweise ergab sich, daß nur eine gestellte Versuchssituation in Frage kam. Um einer unnötigen Gefährdung der Teilnehmer vorzubeugen, wurden die Bremsversuche auf einem geraden und trockenen Abschnitt des Fahrtechnikgeländes durchgeführt. Die Versuchsaufgabe bestand im wesentlichen darin, aufgrund einer weitgehend unerwartet gesetzten Reaktionsaufforderung eine Vollbremsung bis zum Stillstand aus einer Geschwindigkeit von etwa 60 km/h durchzuführen.

In früheren, ähnlichen Untersuchungen der Autoren [8] verwendeten die Versuchspersonen ihre eigenen Motorräder für die Bremsversuche. Der Vorteil dabei ist natürlich die Vertrautheit mit dem Fahrzeug, der Nachteil liegt in der schwierigen meßtechnischen Erfassung des Bremsmanövers. Da im Rahmen dieser Studie insbesondere die Wahl der Bremskraftaufteilung zwischen Vorderrad- und Hinterradbremse durch die Testpersonen untersucht werden sollte, wurde ein eigens



Abbildung 1: Ansicht des Meßmotorrades Honda CB500 mit montierter Meßausrüstung

dafür aufgerüstetes Meßmotorrad eingesetzt. Es kam eine Honda CB500 mit zwei konventionellen unabhängigen Bremssystemen zum Einsatz, welche sich schon in früheren Untersuchungen dadurch bewährte, daß sich die Versuchspersonen relativ leicht auf das für sie fremde Fahrzeug eingewöhnen konnten. Es ist dies ein konventionelles Straßenmotorrad, siehe Abb. 1, welches in bezug auf Gewicht, Leistung und Hubraum etwa dem Durchschnitt der von den Testpersonen normalerweise gefahrenen Fahrzeuge entspricht.

3 Meßeinrichtung

Zur meßtechnischen Erfassung des Bremsverhaltens der Versuchspersonen wurden entsprechende Sensoren und eine Datenerfassungseinrichtung in das Motorrad eingebaut. Diese Meßeinrichtung ermöglicht es, den zeitlichen Verlauf der Bremskräfte am Vorderrad und am Hinterrad direkt zu erfassen. Außerdem werden die Fahrzeuglängsbeschleunigung und die -geschwindigkeit getrennt erfaßt und zusätzlich Statussignale der beiden Bremslichtschalter, des Kupplungsbetätigungsschalters, der Leerlauferkennung des Getriebes und der Reaktionsaufforderung aufgezeichnet.

Zur Erfassung der Bremskraft an der Trommelbremse des Hinterrades wurde die serienmäßige Bremsmomentenabstützstange durch eine Spezialanfertigung mit integriertem Kraftaufnehmer ersetzt. Die Vorderradbremse ist bei dem verwendeten Motorrad Honda CB500 als konventionelle Einscheibenbremsanlage ausgeführt. Zur direkten Erfassung der Abstützkraft des Bremssattels wurde ein auf Dehnmeßstreifen basierendes Kraftmeßelement entwickelt, welches als Kraftübertragungselement zwischen dem Bremssattel und dem Befestigungspunkt am Standrohr der Telegabel fungiert [6]. Die Ausgangssignale der Kraftaufnehmer werden durch sehr platzsparende Verstärker in unmittelbarer Nähe der Meßstellen verstärkt. Diese Anordnung gewährleistet kurze Übertragungsstrecken der schwachen Meßsignale der Aufnehmer und damit auch geringe Störsignaleinkopplung. Die solcherart verstärkten Meßsignale werden dann einem Laptop-Computer mit Meßdatenerfassungskarte zugeführt, welcher in einem Topcase am Heck der Maschine mitgeführt wird. Dort werden auch die erwähnten Statussignale und das Signal des Drehzahlgebers am Vorderrad erfaßt.

Als zusätzliche und unabhängige Meßeinrichtung wurde ein Unfalldatenschreiber der Fa. Kienzle verwendet. Dieses Gerät, eigentlich für den Einsatz in PKW entwickelt, erlaubt die Messung der Längs- und Querbeschleunigung sowie der Fahrgeschwindigkeit und ebenfalls die Aufzeichnung von Statussignalen. Der Unfalldatenschreiber wurde in einem Gehäuse rechtsseitig am Gepäckrahmen untergebracht, welches auch eine Meßelektronik zur Bestimmung der Bremsreaktionszeiten enthält [7].



Abbildung 2: Fernsteuerung und Signalleuchte zur Übermittlung der Bremsreaktionsaufforderung an die Versuchsperson

Das Signal zur Bremsreaktionsaufforderung wurde per Funkfernsteuerung an das Meßmotorrad übermittelt und bewirkte dort das Aufleuchten einer zusätzlich montierten roten Signalleuchte oberhalb des Geschwindigkeitsanzeigers, siehe Abb. 2. Das Statussignal der Reaktionsaufforderung wurde ebenfalls von den beiden Meßeinrichtungen aufgezeichnet und erlaubte nachträglich die Identifikation des exakten Zeitpunktes der Reaktionsaufforderung. Durch die Reaktionsauslösung mittels Funkfernsteuerung konnte der Ort des Bremsmanövers auf dem geraden Teil der Teststrecke durch den Versuchsleiter weitgehend frei gewählt werden. Deshalb kam die Reaktionsaufforderung für die Testpersonen zwar nicht völlig überraschend, der tatsächliche Zeitpunkt war für sie aber auch nicht wirklich vorhersehbar.

4 Versuchsdurchführung

Nach Einweisung der Testperson in den Versuchsablauf wurden die Radlasten des fahrbereiten Meßmotorrades samt dem jeweiligen Fahrer gemessen. Diese Werte

wurden zur Bestimmung der Schwerpunktlage für die spätere Auswertung der Bremskräfte benötigt. Danach konnte sich die Testperson mit dem Motorrad vertraut machen und mehrere Probebremsungen durchführen. Sobald die Testperson für den Versuch bereit war, wurde sie aufgefordert, einen bestimmten Fahrbahnabschnitt mit einer konstanten Fahrgeschwindigkeit von etwa 60 km/h zu befahren. Die Aufgabenstellung zu dem Bremsmanöver lautete: „Unmittelbar nach dem Aufleuchten der Signallampe ist das Motorrad möglichst rasch bis zum Stillstand abzubremsen.“ Um störende Antriebseinflüsse zu vermeiden, wurden die Versuchspersonen angewiesen, im Moment der Bremsbetätigung auch die Kuppelung zu ziehen.

Pro Versuchsperson wurden zwei Bremsversuche meßtechnisch erfaßt und aufgezeichnet. Außerdem wurden persönliche Daten der Fahrer wie z.B. Alter, Geschlecht, Fahrpraxis und fahrerische Selbsteinschätzung mittels Fragebogen erhoben.

5 Auswertung der Meßsignale

Die aufgezeichneten Zeitverläufe der Bremsmomente lieferten die Basis für die Berechnung resultierender Beschleunigungsverläufe und Bremsverzögerungen sowie für die Bestimmung des Ausnutzungsgrades der maximal möglichen Bremsverzögerung. Die resultierende Gesamtverzögerung in Fahrzeuglängsrichtung a_{ges} ergibt sich aus

$$a_{ges}(t) = \frac{1}{m_{red}} \left(F_{B,V}(t) + F_{B,H}(t) + F_{Luft}(v) + F_{Roll} \right), \quad (1)$$

wobei m_{red} die reduzierte Masse des Gesamtsystems Fahrzeug-Fahrer unter Berücksichtigung der rotatorischen Massen bezeichnet. $F_{B,V}$ und $F_{B,H}$ sind die Bremskräfte am Vorderrad bzw. am Hinterrad, und mit F_{Luft} und F_{Roll} werden die beiden wesentlichen Fahrwiderstände angegeben. Mit den gemessenen Bremskräften $F_{B,V}$ und $F_{B,H}$ und bei Kenntnis der Fahrwiderstände kann die Fahrzeugverzögerung a_{ges} aus gemessenen bzw. bekannten Größen berechnet werden. Dazu wurden in Versuchen mit verschiedenen großen Fahrern Durchschnittswerte für die Funktion $F_{Luft}(v)$ und den als konstant angenommenen Rollwiderstand F_{Roll} ermittelt. Als Kontrollgröße stand die über den unabhängig messenden Datenschreiber UDS gemessene Beschleunigung zur Verfügung.

Somit kann die resultierende Fahrzeugverzögerung als Summe der anteiligen Verzögerungen ausgedrückt werden

$$a_{ges}(t) = a_{B,V}(t) + a_{B,H}(t) + a_{Luft}(v) + a_{Roll} = a_B(t) + a_{Luft}(v) + a_{Roll} \cdot (2)$$

Es sei angemerkt, daß in den Gln. (1) und (2) von konstanten Werten für die reduzierte Gesamtmasse und den Rollwiderstand ausgegangen wird. Streng genommen gilt dies nur, solange die Rollbedingung für beide Räder erfüllt ist. Bei hohem Schlupf oder blockierten Rädern trifft dies nicht mehr zu. Abschätzungen und die Meßpraxis zeigten jedoch, daß auch in diesen Fällen die angegebenen Beziehungen in guter Näherung verwendet werden können.

6 Zeitlicher Verlauf der Verzögerung

Alle gemessenen Bremskraftverläufe wurden nach der oben beschriebenen Methode in Zeitverläufe der anteiligen Verzögerungen und der Gesamtverzögerung umgerechnet. Abbildung 3 zeigt einen typischen Verlauf eines Bremsversuches. Der Fahrer beginnt die Bremsung mit der Betätigung der Vorderradbremse, die Hinterradbremse wird mit etwa 0,2 s Verzögerung eingesetzt. Kurz nachdem die Gesamtverzögerung einen Wert von etwa 9 m/s² übersteigt, blockiert das Hinterrad. Dies ist am plötzlichen Abfall der anteiligen Hinterradverzögerung deutlich

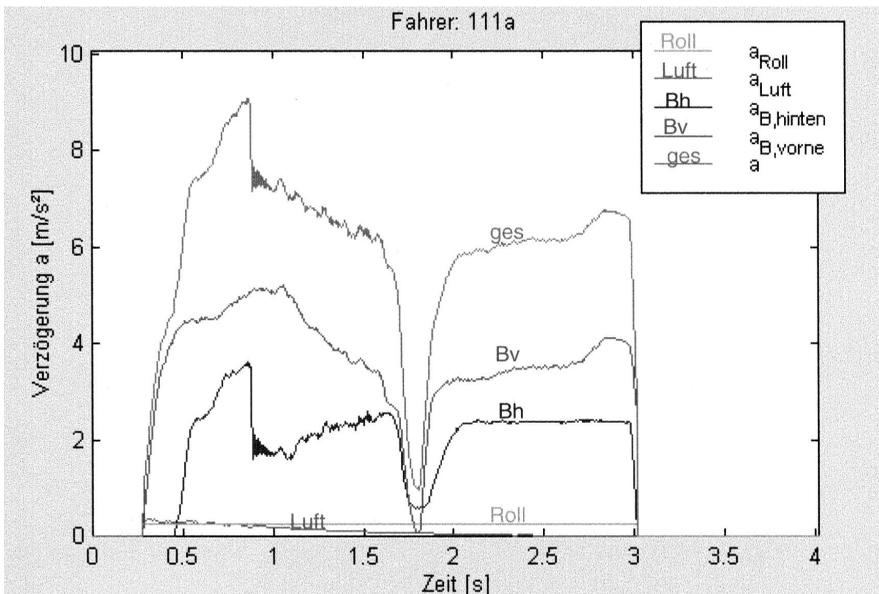


Abbildung 3: Zeitverläufe der anteiligen Verzögerungen und der Gesamtverzögerung a_{ges} eines ausgewählten Bremsversuches

zu erkennen. Der Fahrer reagiert zunächst mit einer Reduktion der Bremskraft am Vorderrad, was durch die Radlastverlagerung zu einer Erhöhung der Hinterradbremskraft führt, aber nicht die Blockade des Hinterrades löst. Etwa 0,8 s nach Blockierbeginn löst der Fahrer kurzzeitig beide Bremsen und setzt danach das Bremsmanöver kontrolliert aber auf etwas niedrigerem Verzögerungsniveau bis zum Stillstand fort.

Abbildung 3 zeigt auch, daß die Verzögerungsanteile des Luft- und des Rollwiderstandes gering sind und im interessierenden Bereich mittlerer bis hoher Verzögerungen kaum ins Gewicht fallen. Durch die direkte Messung der Bremskräfte ist es möglich, den Bremsanteil der Verzögerung anzugeben, also jenen Anteil der Gesamtverzögerung, welcher durch die Wirkung der Radbremsen entsteht.

7 Erreichte zeitgemittelte Verzögerung

Aus dem Zeitverlauf der ermittelten anteiligen Verzögerungen wurde das Integral des zeitlichen Verzögerungsverlaufes zwischen Bremsbeginn t_a und -ende t_e durch die Summe

$$\hat{a}_{B,V,H} = \frac{1}{t_e - t_a} \sum_{t_a}^{t_e} a_{B,V,H}(t_j) \Delta t \quad (3)$$

angenähert. Das Zeitinkrement Δt entspricht bei den ausgewerteten Messungen dem Kehrwert der Abtastrate von 1500 Hz, in diesem Fall $\Delta t = 0,6667 \cdot 10^{-3}$ s.

Von 110 Fahrerinnen und Fahrern waren insgesamt 209 gemessene Bremsversuche für die Auswertung geeignet. Da in der Regel von jeder Testperson zwei Messungen vorlagen wurden diese gemittelt, um auch Ergebnisse von Fahrern mit nur einer verwertbaren Messung in die Auswertung nehmen zu können. Damit ergibt sich eine Stichprobe von $n = 110$ für die folgenden Ergebnisse.

In Abbildung 4 ist die Häufigkeitsverteilung des Bremsanteils der zeitlich gemittelten Verzögerung dargestellt. Es ergibt sich ein Mittelwert von $\hat{a}_{Brems} = 6,03 \text{ m/s}^2$ bei einer Streuung von $s = 1,08 \text{ m/s}^2$ und einem Konfidenzintervall von $6,03 \pm 0,20 \text{ m/s}^2$. Mittelwert und Konfidenzintervall sind in Abb. 4 eingetragen. Es fällt auf, daß die Häufigkeitsverteilung wegen der zwei ausgeprägten Maxima deutlich von einer Normalverteilung abweicht. Ein Vergleich mit den Ergebnissen einer früheren Untersuchung [7] bestätigt das erhaltene Resultat, da sich die Konfidenzintervalle der Mittelwerte überlappen, wenn man die möglichen Fehlerquellen der verwendeten unterschiedlichen Meßmethoden berücksichtigt.

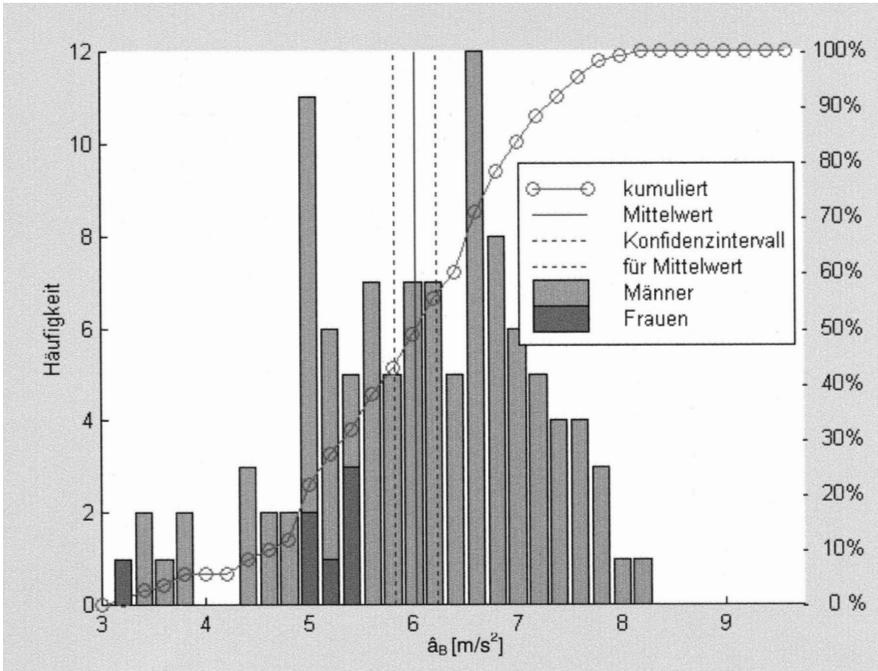


Abbildung 4: Häufigkeitsverteilung des Bremsanteils $\hat{a}_B = a_{B,V} + a_{B,H}$ an der zeitgemittelten Gesamtverzögerung a_{ges} (Stichprobengröße $n = 110$)

8 Optimale Aufteilung der Bremskraft

Durch die Höhe h_s des Gesamtschwerpunktes des Systems Fahrer-Fahrzeug über der Fahrbahn ändern sich die Radlasten bei einem Bremsvorgang. Das Hinterrad wird entlastet und die Radlast am Vorderrad steigt an. Im Extremfall kann dies bis zum Abheben des Hinterrades führen. Die dynamischen Radlastverlagerungen beeinflussen natürlich auch die maximal übertragbaren Bremskräfte an den beiden Rädern des Motorrads.

Aus elementaren Überlegungen zum quasistatischen Bremsvorgang folgen die übertragbaren Bremskräfte unter gegebenen Kraftschlußwerten μ_H und μ_V am Hinterrad bzw. am Vorderrad, siehe z.B. auch [2] oder [7].

$$F_{B,V} = \mu_V m_{ges} g \frac{(1-l_V/l) + \mu_H h_S/l}{1 + (\mu_H - \mu_V) h_S/l}, \quad F_{B,H} = \mu_H m_{ges} g \frac{l_V/l - \mu_V h_S/l}{1 + (\mu_H - \mu_V) h_S/l} \quad (4)$$

In Glg. (4) bezeichnet l den Radstand, l_V den horizontalen Abstand zwischen der Vorderachse und dem Gesamtschwerpunkt und g wie üblich die Fallbeschleunigung. Ist der Kraftschluß am Vorderrad und am Hinterrad gleich ($\mu = \mu_H = \mu_V$), dann wird die Bremskraftabstimmung als ideal bezeichnet und die Abbremsung z

$$z = \frac{a}{g} = \frac{F_{B,V} + F_{B,H}}{m_{ges} g} \quad (5)$$

erreicht den Wert $z = \mu$. Eine optimale Bremsung, also maximal mögliche Verzögerung, setzt eine ideale Bremskraftabstimmung voraus und liegt vor, wenn z den maximalen Kraftschlußwert μ_{max} erreicht, also $z = \mu = \mu_{max}$ gilt.

Wie erwähnt, basieren diese einfachen Zusammenhänge auf der Annahme eines quasistatischen Bremsvorganges und vernachlässigen alle dynamischen Einflüsse der Fahrzeuffederung und zeitabhängiger Parameter. Weitere Störeinflüsse, wie z.B. das Moment der angreifenden Luftkräfte um die Fahrzeugquerachse, bleiben dabei im Sinne einer Näherungslösung ebenfalls unberücksichtigt.

9 Vergleich der erreichten mit der maximal möglichen Verzögerung

Die maximal erzielbaren Bremskräfte bei gegebenem Kraftschluß $\mu = \mu_{max}$ lassen sich aus der optimalen Bremskraftverteilung errechnen. So kann für jeden Fahrer jeweils eine maximal mögliche Bremskraft an der Vorder- bzw. Hinterradbremse angegeben werden. Da es aber nicht möglich ist, diese Bremskräfte sprunghaft aufzubringen, ist es notwendig, das Ansprech- und Schwellverhalten der Bremsanlage zu berücksichtigen.

Eine Analyse des Datenbestandes zeigt, daß sich ein zeitlicher Exponentialverlauf der Bremskräfte bzw. -momente am besten zu diesem Zweck eignet. Eine große Anzahl der Bremsmomentenverläufe zeigt ein solches Anstiegsverhalten. Dies wurde auch schon in vorangegangenen Untersuchungen der Zeitverläufe festgestellt [7].

Es ergibt sich für den theoretisch maximal möglichen Bremskraftverlauf:

$$F_{B,V,H,max}(t) = F_{B,V,H,max} \left(1 - e^{-t/T} \right) \quad (6)$$

Gleichung (6) gilt entsprechend sowohl für die einzelnen Radbremskräfte als auch für die Bremskraftsumme. Der Parameter T gibt die Schwellzeit an und ist als Dauer bis zur Erreichung von 63,2% des Maximalwertes definiert. Für die hier ausgewerteten Messungen erwies sich $T = 0,1$ s als gute Näherung. In Abbildung 5

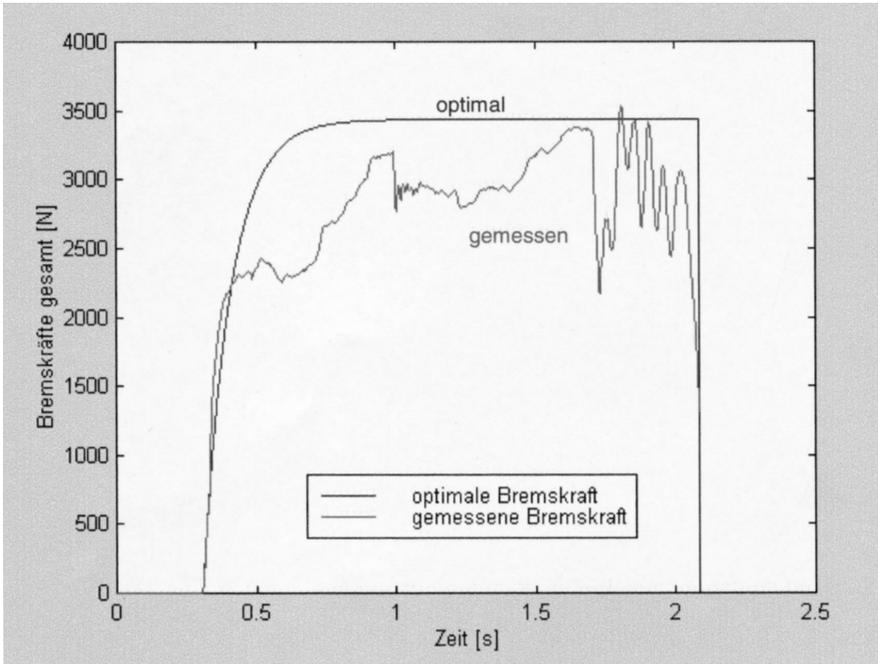


Abbildung 5: Beispiel für einen gemessenen und einen maximal möglichen Bremskraftverlauf

sind beispielhaft der Verlauf einer gemessenen und der zugehörigen maximal möglichen Bremskraft zu sehen.

Aus den mit Glg. (6) ermittelten, maximal möglichen Bremskraftverläufen können unter sinngemäßer Anwendung der Gln. (1) und (3) die zeitgemittelten, maximal möglichen Verzögerungen $\hat{a}_{B,V,max}$ und $\hat{a}_{B,H,max}$ errechnet werden. Die maximal mögliche Bremsverzögerung $\hat{a}_{B,max}$ ergibt sich als die Summe der Teilverzögerungen, siehe Glg. (2).

Die Auswertung für alle Testpersonen ergab $\hat{a}_{B,max} = 10,87 \text{ m/s}^2$ bei einem Konfidenzintervall von $\pm 0,01 \text{ m/s}^2$. Der Mittelwert der von den Versuchspersonen erreichten zeitgemittelten Bremsverzögerung von $\hat{a}_B = 6,03 \text{ m/s}^2$ liegt demnach ca. $4,8 \text{ m/s}^2$ unter dem Mittelwert des maximal erreichbaren Wertes.

Die Einführung des Ausnutzungsgrades der maximal möglichen Bremsverzögerung A_{maxBV} ermöglicht eine dimensionslose Darstellung der Ergebnisse und be-

rücksichtigt die Lageänderung des Gesamtschwerpunkts bei verschiedenen Testpersonen.

$$A_{\max BV} = \frac{\hat{a}_B}{\hat{a}_{B,\max}} \leq 1 \tag{7}$$

Abbildung 6 zeigt das entsprechende Histogramm des Ausnutzungsgrades zu dem in Abb. 4 dargestellten Ergebnis. Da die Schwerpunktsverschiebungen durch die Testpersonen relativ gering sind, unterscheiden sich die beiden Diagramme qualitativ nicht wesentlich. Die beiden Häufungsspitzen treten allerdings besonders deutlich hervor. Eine Analyse des Ausnutzungsgrades getrennt nach Vorder- und Hinterradbremse zeigt, daß die Häufung bei $A_{\max BV} = 0,5$ auf eine Gruppe von Personen zurückzuführen ist, welche die Vorderradbremse nur schwach einsetzte und die Gesamtverzögerung im wesentlichen über die Hinterradbremse erzielte. Die Häufigkeitsverteilung oberhalb des Mittelwertes von $A_{\max BV} = 0,58$ mit dem Maximum bei $A_{\max BV} = 0,65$ wurde primär durch die Betätigung der Vorderbremse d.h. durch deren Ausnutzungsgrad bestimmt.

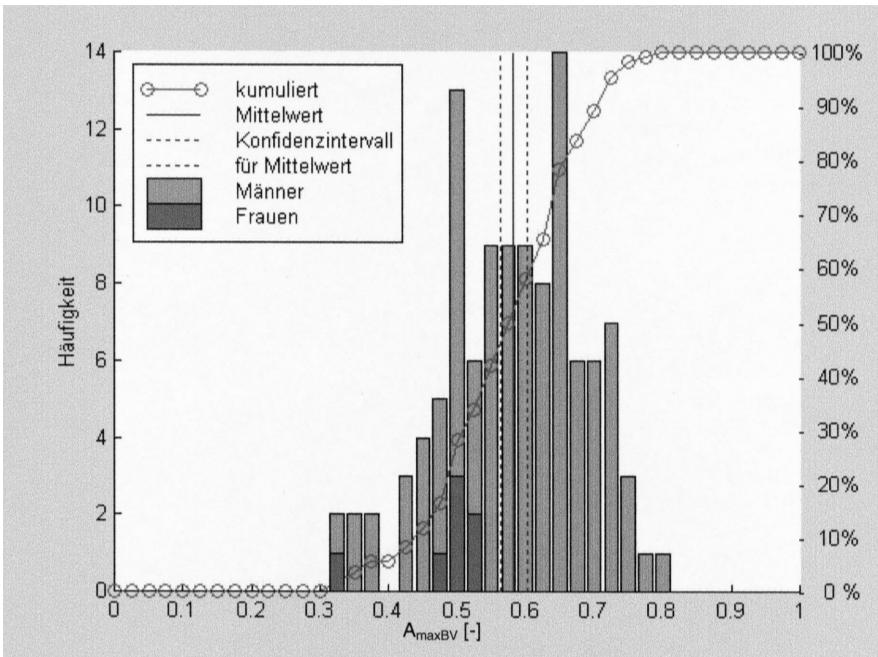


Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung des Ausnutzungsgrades der maximal möglichen Bremsverzögerung $A_{\max BV,V}$ (Stichprobengröße $n = 110$)

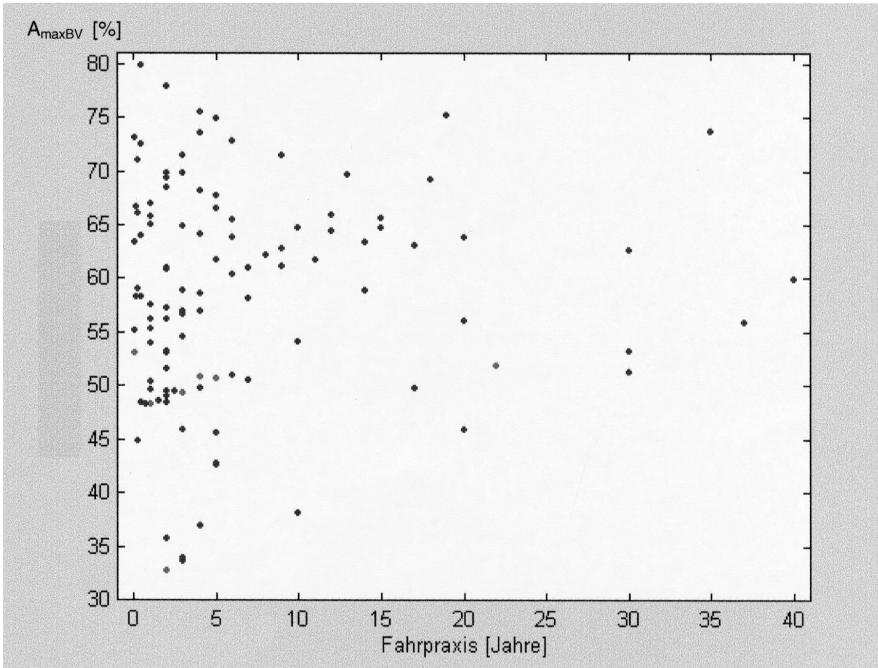


Abbildung 7: Korrelation zwischen dem Ausnutzungsgrades der maximal möglichen Bremsverzögerung A_{maxBV} und der Motorrad-Fahrpraxis (Stichprobengröße $n = 110$)

Selbst wenn man in Betracht zieht, daß die Testpersonen keinen Sturz riskieren wollten und daher bewußt unter ihren fahrerischen Möglichkeiten blieben, so fällt das Gesamtergebnis mit einem durchschnittlichen Ausnutzungsgrad von 58% doch relativ niedrig aus. Aus versuchstechnischer Sicht waren bessere Werte problemlos erzielbar, bei der insgesamt besten Messung wurde z.B. ein Wert von $A_{maxBV} = 88\%$ erreicht. Der entsprechende Bremskraftverlauf wurde schon in Abb. 5 gezeigt.

Es liegt nahe zu untersuchen, ob die erreichten Werte des Ausnutzungsgrades vom Fahrerkollektiv oder speziellen Merkmalen der jeweiligen Testpersonen abhängen. Untersucht man die personenbezogenen Daten, so fällt auf, daß 50% der Testpersonen weniger als 3,5 Jahre Fahrpraxis aufweisen. Die Verteilung der angegebenen „Gesamtfahrstrecke auf Motorrädern“ durch die Testpersonen zeigt ein Maximum bei 5000 km, wenngleich der Mittelwert durch einige Fahrer mit sehr hoher Kilometerleistung bei etwa 50 000 km liegt. Der größte Korrelationskoeffizient ergibt sich zwischen A_{maxBV} und der durchschnittlich gefahrenen Strecke pro

Jahr mit rund $26 \pm 17,4$. Fahrerfahrung, ausgedrückt in Jahren, hat zwar einen niedrigeren Korrelationskoeffizienten, in dem Scatterplot in Abb. 7 erkennt man aber trotzdem einen Anstieg mit steigender Fahrpraxis, besonders für niedrige Werte des Ausnutzungsgrades. Ein interessantes Ergebnis ergab sich auch in bezug auf das Selbsteinschätzungsvermögen der Fahrer. Dieses korrelierte erstaunlich gut mit den erreichten Werten des Ausnutzungsgrades. Der Einfluß weiterer Fahrerparameter wurde in [5] studiert.

10 Ergebnisse zur Bremskraftverteilung

Für jeden einzelnen Bremsversuch wurde ein individuelles Bremskraftverteilungsdiagramm erstellt und der zeitliche Verlauf der Bremskraftaufteilung eingetragen. Abbildung 8 zeigt dieses dimensionsfreie Diagramm für den in Abb. 3 dargestellten Bremsversuch. Die ideale Bremskraftverteilung für verschiedene Abbremsungen z hat die Form einer Parabel, welche den Ursprung des Diagramms mit dem optimalen Bremspunkt verbindet. Dieser Punkt ist gleichzeitig der Schnittpunkt der beiden Geraden für den maximalen Kraftschluß am Hinterrad bzw. am Vorderrad. Blockierfreies Bremsen ist nur in dem Bereich unterhalb bzw. links der beiden Geraden maximalen Kraftschlusses möglich.

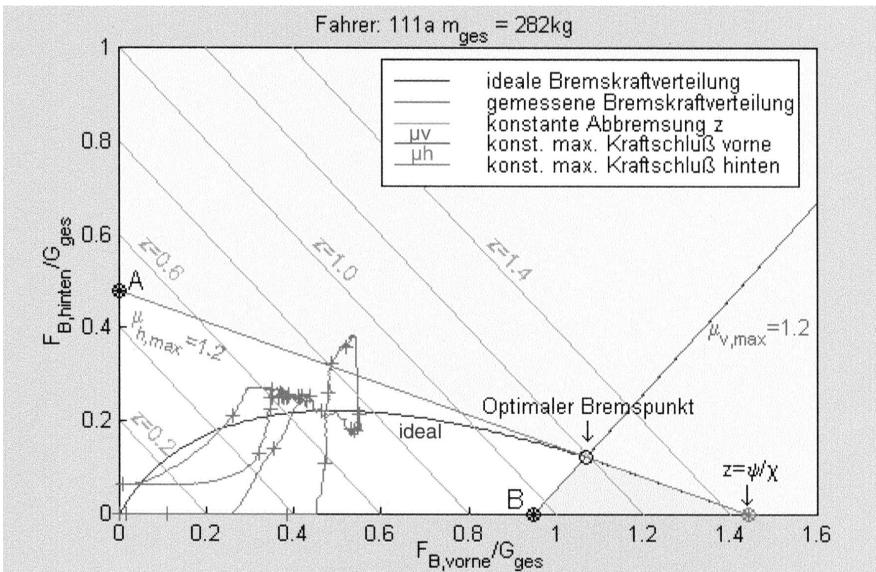


Abbildung 8: Individuelles Bremskraftverteilungsdiagramm mit dem Verlauf der gemessenen Bremskraftverteilung des Bremsversuches von Abb. 3

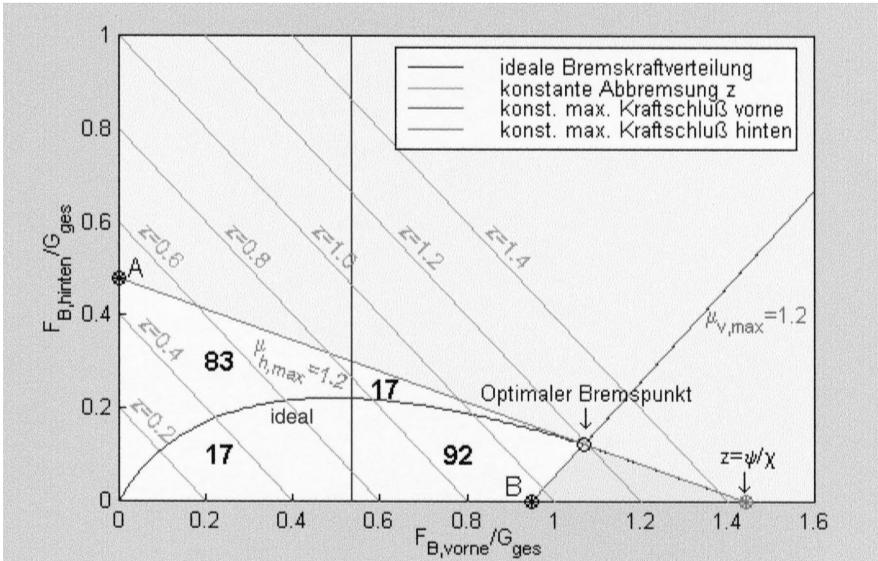


Abbildung 9: Klassifizierung und Häufigkeiten der Bremsverläufe von Einzelbremsungen im Bremskraftverteilungsdiagramm

In das Diagramm wurde der Verlauf der dimensionslosen Bremskräfte am Vorderrad bzw. am Hinterrad eingetragen. In zeitlichen Abständen von 0,1 s trägt der Verlauf eine „+“-Marke. Daher bedeuten Bereiche dichter Markierungen zeitlich längeres Einhalten dieser Bremskraftverteilung. An dem Verlauf fällt natürlich auf, daß die Gerade des maximalen Kraftschlusses am Hinterrad überschritten wird, um dann rasch bis zur Abszisse abzufallen. Dies ist die Phase, in der das Hinterrad kurzfristig blockiert und dann die Hinterradbremse vollständig gelöst wird. Der anschließende nahezu stationäre Bremszustand über fast 1 Sekunde wird durch den dichten Haufen von Marken nahe der idealen Bremskraftverteilung bei $z = 0,6$ repräsentiert. Anhand dieses Diagramms ist auch sehr gut erkennbar, daß bei dieser Bremsung der optimale Bremspunkt bei weitem nicht erreicht wurde. Der überwiegende Teil der Bremsung erfolgte mit einer Abbremsung zwischen $z = 0,6$ und $0,8$, also etwa 40% unter der maximal möglichen Abbremsung von $z = 1,2$.

Die gemessenen 209 Bremsversuche wurden entsprechend der Häufigkeit der aufgetretenen Bremskraftverteilung klassifiziert. In Abbildung 9 wurde der Bereich regulärer Bremsungen in vier Unterbereiche gegliedert und jeweils die Anzahl der zugeordneten Bremstrajektorien eingetragen. Dem Bereich mit höherer als der idealen Hinterradbremskraft aber unterdurchschnittlicher Betätigung der Vorderradbremse wurden z.B. 83 Bremsversuche zugeordnet. Weiters wurden 92 Brems-

versuche registriert, bei denen die Vorderradbremse überdurchschnittlich gut bedient wurde und kein oder nur kurzfristiges Überbremsen am Hinterrad auftrat. Abbildung 10 zeigt ein Beispiel für eine solche Bremsung. Bei dieser Bremsung wurde ein hoher Ausnutzungsgrad von $A_{maxBV} = 79\%$ erzielt.

Das zugehörige Fahrerkollektiv zu den 92 + 17 Bremsungen mit überwiegend überdurchschnittlicher Vorderradbremskraft erweist sich nach Auswertung der fahrerbezogenen Daten als eine Gruppe mit vergleichsweise höherer Fahrpraxis und einer Selbsteinschätzung, die durch Begriffe wie „sportlich“ und „erfahren“ ausgedrückt wurde. Das durchschnittliche Lebensalter und auch die Unfallhäufigkeit dieser Gruppe ist jedoch praktisch ident mit der Vergleichsgruppe.

Ein weiteres Beispiel für den Verlauf der Bremskraftverteilung im Zuge einer Bremsung zeigt Abb. 11. An diesem Verlauf fällt auf, daß zwar eine sehr hohe Abbremsung erzielt wurde, aber kurzfristig das Vorderrad überbremst war. Untersucht man alle aufgezeichneten Bremsmanöver im Hinblick auf Radblockaden, so stellt sich heraus, daß in 60% der Fälle mindestens eine Hinterradblockade auftrat, in rund 10% wurde das Vorderrad blockiert. Dies bestätigt einmal mehr die Probleme der Fahrer mit der gleichzeitigen Regelung von zwei unabhängigen Bremssystemen.

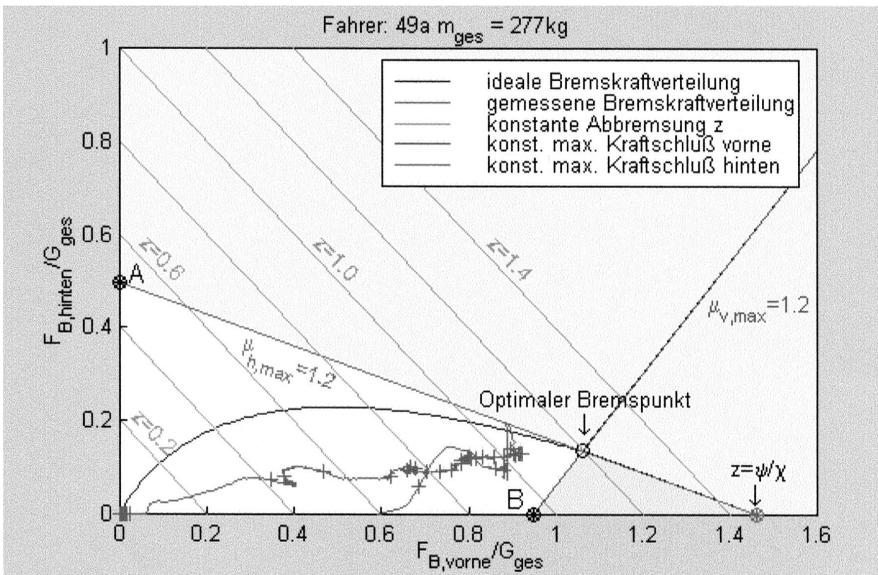


Abbildung 10: Individuelles Bremskraftverteilungsdiagramm mit dem Verlauf einer gemessenen Bremskraftverteilung mit hohem Ausnutzungsgrad $A_{maxBV} = 79\%$

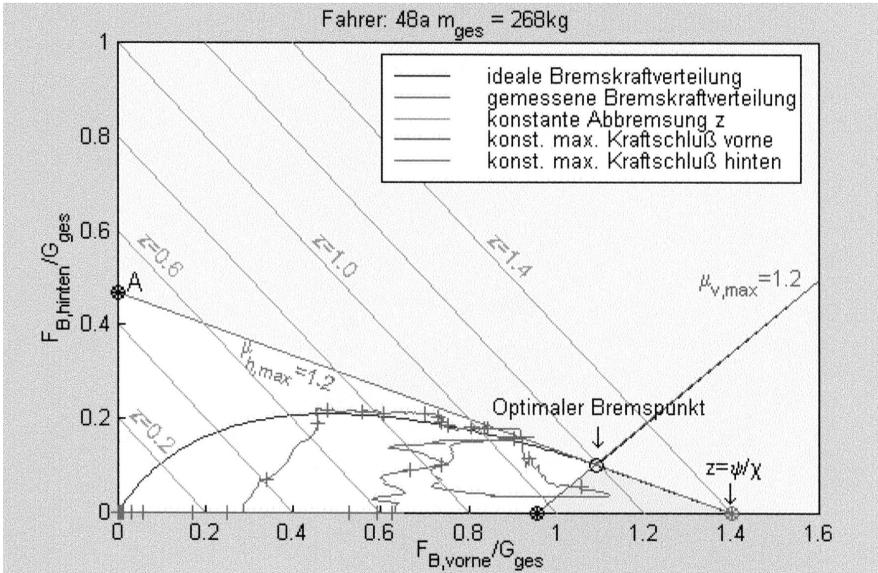


Abbildung 11: Individuelles Bremskraftverteilungsdiagramm mit dem Verlauf einer gemessenen Bremskraftverteilung mit kurzzeitig blockierendem Vorderrad

bestätigt einmal mehr die Probleme der Fahrer mit der gleichzeitigen Regelung von zwei unabhängigen Bremssystemen. Zwar ist der mittlere Ausnutzungsgrad der Bremsmanöver mit Radblockade etwas höher als jener ohne, trotzdem kann sich ein blockierendes Rad als verhängnisvoll herausstellen. Ein blockiertes Vorderrad führt rasch zu einem massiven Stabilitätsverlust und höchster Sturzgefahr, aber auch ein blockierendes Hinterrad kann sich in Kurven oder auf rutschigem Untergrund als schwer beherrschbar herausstellen. Insofern ist mit einem höheren Ausnutzungsgrad nicht unbedingt ein Sicherheitsgewinn verbunden.

11 Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

In einer aktuellen Studie wurden 209 Bremsmanöver, ausgeführt von 110 Testpersonen mit unterschiedlichem Alter und Fahrpraxis, mit einem Meßmotorrad erfaßt und anschließend ausgewertet. Das Motorrad war mit einer konventionellen Bremsanlage ausgerüstet. Es zeigte sich, daß die erzielten durchschnittlichen Bremsverzögerungen unter den Erwartungen blieben. Etwa 50% der Testpersonen nutzen die maximal mögliche Bremsverzögerung nur zu 58% oder weniger aus. Bei etwa $\frac{2}{3}$ der Bremsversuche wurde ein Rad (meist das Hinterrad) überbremst und blockierte.

Die Ergebnisse des Großversuches zeigen, daß Motorradfahrer mit durchschnittlicher Fahrpraxis ein fahrerisches Defizit bei der Fahrzeugbeherrschung bei Vollbremsungen aufweisen. Es muß daher ein Anliegen aller involvierter Gruppen sein, die Bremsleistungen der Motorradfahrer an jene von PKW-Lenkern heranzuführen. Dazu sind sowohl technische Verbesserungen im Bereich der Bremsanlagen erforderlich, als auch Einsparungsmöglichkeiten bei der Produktion von Antiblockiersystemen zu finden, um solchen Einrichtungen zu größeren Marktanteilen und Verbreitung zu verhelfen. Insbesondere wäre zu untersuchen, ob nicht eine ABS-Anlage, alleine am Hinterrad angebracht, ein sicherheitstechnisch und kostenmäßig sinnvoller Kompromiß wäre. Vor allem würde diese Variante den Fahrer von der ohnehin kaum praktizierten Regelung am Hinterrad entlasten und die alleinige Konzentration auf die bremswirksamere Vorderradbremse erlauben.

Seitens der Fahreraus- und -weiterbildung müßte dem Bremstraining noch stärkeres Augenmerk gewidmet werden. Insbesondere sollte klar vermittelt werden, daß eine richtig ausgeführte Vollbremsung komplexe koordinatorische Fertigkeiten der Motorradfahrer verlangt, welche in regelmäßigen Abständen geübt werden müssen, ansonsten sie wieder verlernt werden und dann im Ernstfall nicht abrufbar sind.

Literatur

- [1] Mortimer, R. G.: Motorcycle integrated brakes: Human factors considerations and braking performance. Int. J. of Vehicle Design, vol 9, nos 4/5, 1988.
- [2] Weidele, A.: Untersuchungen zum Bremsverhalten von Motorrädern unter besonderer Berücksichtigung der ABS-geregelten Kurvenbremsung. Dissertation TH Darmstadt 1993. Fortschritt-Bericht VDI Reihe 12 Nr. 210.
- [3] Prem, H.: The emergency straight-path braking behaviour of skilled versus less-skilled motorcycle riders. The 4th Int. Pacific Conf. On Automotive Eng., Vol. 2, paper 871229, Melbourne 1987.
- [4] Präckel, J.: Bremsverhalten von Fahrern von Motorrädern mit und ohne ABS. Berichte der Bundesanst. f. Straßenwesen, Heft F16, Bergisch Gladbach, 1996.
- [5] Fischer, A.: Ausnutzungsgrad der maximal möglichen Bremsverzögerung bei Motorradbremsversuchen, Diplomarbeit am Inst. f. Maschinendynamik und Meßtechnik der TU-Wien, 1997.
- [6] Schiebel, M.: Ausrüstung eines Motorrades zur Messung der Bremsmomente, Diplomarbeit am Institut für Maschinendynamik und Meßtechnik, TU-Wien, 1997.
- [7] Ruspekhofner, R.: Untersuchung der Reaktionszeit und der Bremsverzögerung von Motorradfahrern und -fahrerinnen, Diplomarbeit am Inst. f. Maschinendynamik und Meßtechnik, TU-Wien, 1996.
- [8] Grill, M.: Messung und Auswertung von Motorradbremsversuchen, Diplomarbeit am Inst. f. Maschinendynamik und Meßtechnik, TU-Wien, 1994.
- [9] Lüpertz, H.: Brems- und Blockierverhalten von Motorrädern mit verschiedenen Bremsystemen. ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 81 (1979) 3.
- [10] Toyofuku, Y., Matsushima, K., Irie, Y., Yonezawa, H., Mizuno, K.: Study on the effects of motorcycle anti-lock-braking-system for skilled and less-skilled riders: regarding braking in a turn. JSAE Review 15, 1994.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich für die Förderung dieser Studie durch den *Österreichischen Verkehrssicherheitsfond*. Dem *Österreichischen Automobil und Touring Club (ÖAMTC)* sei ebenfalls an dieser Stelle gedankt für die langjährige Zusammenarbeit und die Einbindung der Versuchsreihen in das Motorrad-Kursprogramm. Schließlich geht noch unser Dank an die *Honda Austria GmbH*, welche das Versuchsmotorrad unentgeltlich zur Verfügung stellte.

Technologie und Sicherheit

Technology and Safety

**Experimental Investigation and Simulation
of Motorcycle Turning Performance**

***Experimentelle Untersuchung und Simulation
des Lenkvermögens von Motorrädern***

D. Bortoluzzi

A. Doria

R. Lot

Department of Mechanical Engineering, University of Padova – Padova
Italy

L. Fabbri

Aprilia S.p.A – Noale

Italy

Abstract

This paper focuses on the steering torque that must be exerted by the rider of a motorcycle in a steady turning manoeuvre. The investigation is carried out by means of experimental tests and numerical simulations with a multi-body code. Experimental results obtained with speeds in the range of 6 to 20 m/s and the steady turning radii in the range of 15 to 55 m are presented and discussed. A good agreement between the measured and the calculated steering torque is shown. Finally, several numerical results that highlight the influence of tyre properties and riding style on the steering torque are presented and discussed.

Dieses Papier konzentriert sich auf das Lenkmoment, das vom Fahrer eines Motorrades in einem unveränderlichen Manöver angewendet wird. Die Untersuchung wurde mittels eines experimentellen Tests und einer Simulation mit einer Multi-Körper-Software durchgeführt. Die experimentellen Resultate, die mit Geschwindigkeiten von 6 bis 20 m/s und bestimmten Lenkradien zwischen 15 bis 55 m gerechnet wurden, werden dargestellt. Es besteht eine gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und errechneten Lenkmomenten. Schließlich werden einige numerische Resultate behandelt, die den Einfluß der Reifeneigenschaften und der Fahrweise auf das Lenkmoment bestimmen.

Cet article se traite sur le couple de braquage qui doit être exercé par le conducteur d'une moto pendant une courbe a vitesse constant. La recherche est effectuée avec d'essais expérimentaux et avec simulations numériques avec un multi-body software. Les essais sont effectuée avec des vitesses dans l'intervalle de 6 à 20 m/s et des rayons de la courbe dans l'intervalle de 15 à 55 m. Ces résultats expérimentaux sont présentée et discutée. On trouve une bonne concordance entre le couple de braquage mesurée et calculée. On montre aussi plusieurs résultats numériques qui mettent en évidence l'influence des les propriétés de pneu et du style du conducteur sur le couple de braquage.

1 Introduction

Safety is one of the most important issues in motorcycle design. Since in two wheeled vehicles it is difficult to implement passive devices (e.g. air bags), safety may be achieved in active way by improving motorcycle manoeuvrability, stability and braking performance. This paper deals with manoeuvrability [1], that is the ability of a vehicle to perform quick manoeuvres without requiring a large effort on the part of the rider.

Manoeuvrability may be evaluated by testing and/or simulating the vehicle behaviour in typical manoeuvres, like steady turning, lane change and slalom. Many basic properties of the steering system of a motorcycle may be understood by means of steady turning tests and simulations. In particular they make it possible to calculate the ratio between the steering torque and the lateral acceleration, which has the meaning of ratio between the most important control action and the vehicle response [2, 3]. Also the influence of steering system kinematics and of inertial and tyre properties may be studied by means of steady turning manoeuvres [3]. Finally, steady turning manoeuvres give information about the understeering-oversteering behaviour of the vehicle [4, 5].

In this paper motorcycle behaviour in steady turning is studied by means of experimental tests and numerical simulations. Experimental data are useful in making comparisons between rider sensations and objective dynamic quantities. Furthermore, they are helpful in validating the multi-body models, which can be used to calculate quantities that are difficult to measure and to investigate motorcycle behaviour even in dangerous conditions.

The experimental investigation was carried out on an Aprilia RSV 1000 motorcycle equipped with special handle-bars and transducers. Results in terms of the ratio between the steering torque and motorcycle lateral acceleration are presented and discussed.

The numerical analyses were carried out by means of a 11 degree of freedom 3D multi-body code, which was developed following the natural coordinates approach [6]. Several numerical simulations are presented to make a comparison with experimental results and to point out the influence of tyre properties and rider position on the dynamic response of the vehicle.

2 Experimental apparatus

An Aprilia RSV 1000 motorcycle, shown in figure 1, was equipped with a measurement system in order to acquire experimental data on kinematic and dynamic

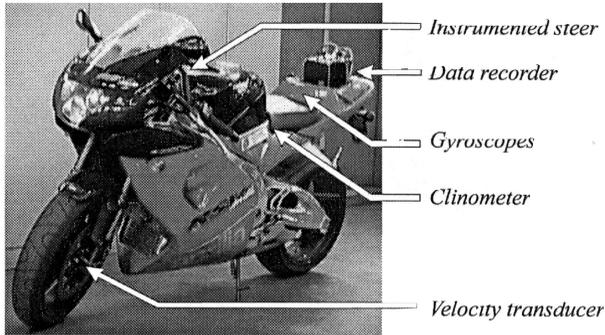


Figure 1: The Aprilia RSV 1000 motorcycle

Kinematic quantity	Transducer	Type
Steering angle	Rotational potentiometer	Penny & Giles D150098
Roll angle (static)	Clinometer	Euro Sensor Cline
Velocity	Proximity transducer	BLT DSA8/5608KS
Roll rate	Single axis gyroscope	British Aerospace 299642-0100
Yaw rate	Single axis gyroscope	British Aerospace 299641-0100

Table 1: Measured quantities and transducers

quantities descriptive of the behavior of the vehicle. Measured kinematic quantities and transducers are listed in table 1.

The measured dynamic quantity is the steering torque applied by the rider to the handle-bars. A custom transducer was designed, built and mounted on the steer as shown in figure 2.

The outline of the torque transducer is presented in figure 3. The handle-bars are fixed to a plate which is mounted on a bearing that leaves it free to rotate around the steering axis independently from the front frame and the front wheel. The rotation of the handle-bars is transmitted to the front frame through a cantilever fixed to the plate and blocked on the fork yokes by a custom clamp. Two strain gauges in half bridge configuration are mounted on the cantilever and measure its

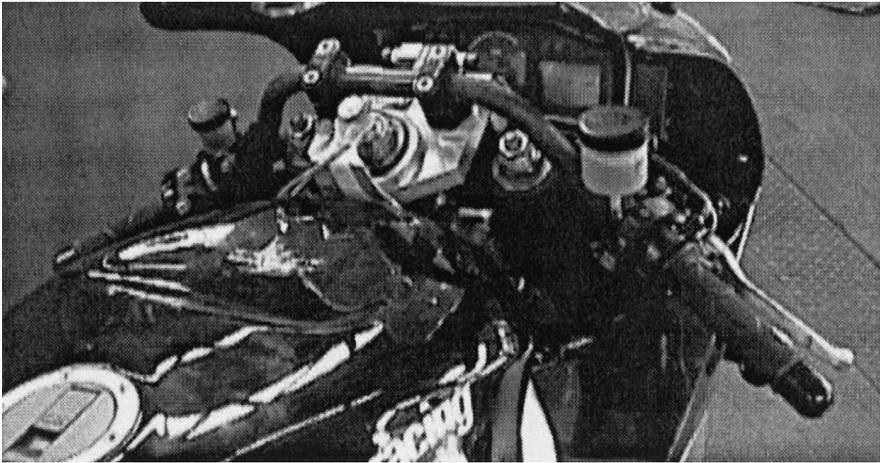


Figure 2: Torque transducer

flexural deformation, which is proportional to the force applied. The steering torque is thus proportional to the force by means of the arm. The custom clamp limits the torsional torque exerted on the cantilever due to some bearing tolerance by limiting the contact surface between cantilever and fork yokes. The cantilever deformation range is limited by two safety stops which also permit to keep the steer control even in case of cantilever rupture.

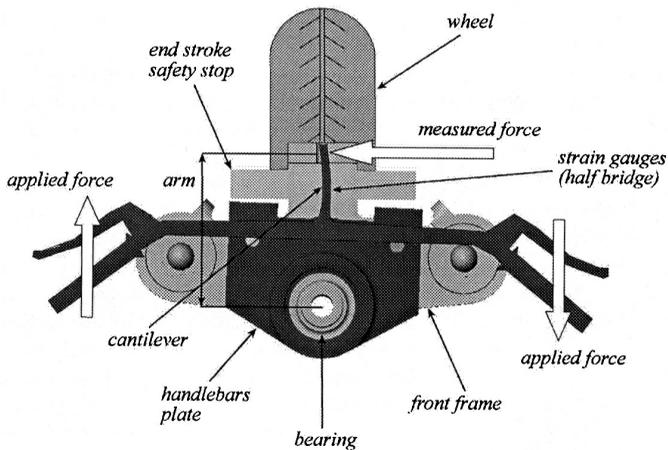


Figure 3: Torque transducer outline

A Leane mcdm 128 data recorder was mounted on board for the simultaneous acquisition of the six channels. Particular attention was kept in cable and recorder chassis shielding because of the presence of strong electrical noise from the ignition circuit.

The sampling rate was set at 250 Hz with the possibility of low-pass filtering at a custom frequency.

The steering pad tests were performed completing at least three laps for each radius with the motorcycle in steady turning condition. The first elaboration of the acquired data consisted in calculating the roll angle from the roll rate and clinometer static measure. The roll rate was integrated with the initial static value measured by the clinometer at the beginning of the acquisition, when the motorcycle is still. The clinometer signal during motorcycle motion is meaningless because it is affected by inertial forces. Further elaboration was required to extract the steady-state conditions from the time histories and to mediate the signals oscillations.

3 Mathematical model

The multi-body model of motorcycle consists in a system of six rigid bodies (as shown in figure 4). They are: the rear wheel, the rear frame (including engine, tank and driver), the front frame (handle bars and sprung fork components), the front wheel, the swinging arm, the unsprung fork components (including brake system).

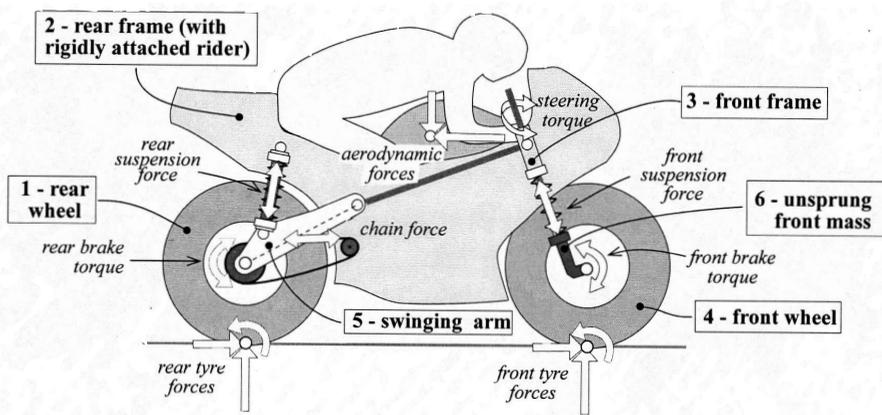


Figure 4: Motorcycle components and forces

The rear and front frames are connected by means of a revolute joint, the axis of which is aligned with the steering axis. The swinging arm is connected to the rear frame by means of a revolute joint. The rear and front wheels are connected to the swinging arm and fork respectively by means of revolute joints. A prismatic joint makes it possible the relative motion between the sprung and unsprung components of the fork. The driver is considered to be a rigid body firmly attached to the frame.

Rear suspension force acts between rear frame and swinging arm, front suspension force acts between sprung and unsprung components of fork. Suspensions forces are carefully modelled, taking into account the non-linearities of springs and shock-absorbers. Propulsive engine power is transmitted by means of a chain, the model takes into account the force exerted between the gearbox sprocket and the rear wheel sprocket. The effects of front and rear brakes are modelled by means of a torque acting between the front wheel and the fork and a torque acting between the rear wheel and the swinging arm respectively. The distributed aerodynamic forces which air exerts on the motorcycle are taken into account by considering drag, lift and lateral forces acting at the centre of mass of the rear frame and three aerodynamic torques.

The tyres have a toroidal shape and can be deformed in the radial direction, the contact between the tyre and the road is assumed to take place in a point. The interaction between each tyre and the road is represented by three forces (vertical load and longitudinal and lateral forces, acting at the geometric contact point) and by three torques (overturning, rolling resistance and yaw torque, acting along the three independent axes). Vertical force is calculated as a function of radial tyre deflection. The lateral and longitudinal tyre forces are calculated from experimental data using the tyre magic formula approach [7]. To take into account the combined slip (longitudinal slip and side-slip) and the roll angle, the basic tyre magic formulas are corrected following the similarity method [7]. The tyre torques are calculated from experimental data and the effects of pneumatic trail and twisting torque [8] are taken into account.

The rider can control the vehicle by means of four actions: acting a torque on the handlebar (steering torque), controlling the propulsive engine torque and acting on front or rear brake.

This model has eleven d.o.f. (as shown in figure), that can be associated to the position of rear frame centre of mass (3 d.o.f.), the yaw, roll, pitch and steering angles, the deflection of front and rear suspension and finally the spin angles of the wheels.

The equations of motion are derived using the natural coordinates approach [6]. The system is described by means of 42 natural coordinates. Since there are

only 11 degrees of freedom, 31 coordinates are redundant and it is necessary to introduce 31 constraint conditions which link the coordinates.

The dynamic system is described by means of 42 second order differential equations (Lagrange equations) plus 31 algebraic equations (constraint conditions), where the 73 unknowns are the 42 natural coordinates plus 31 Lagrange multipliers.

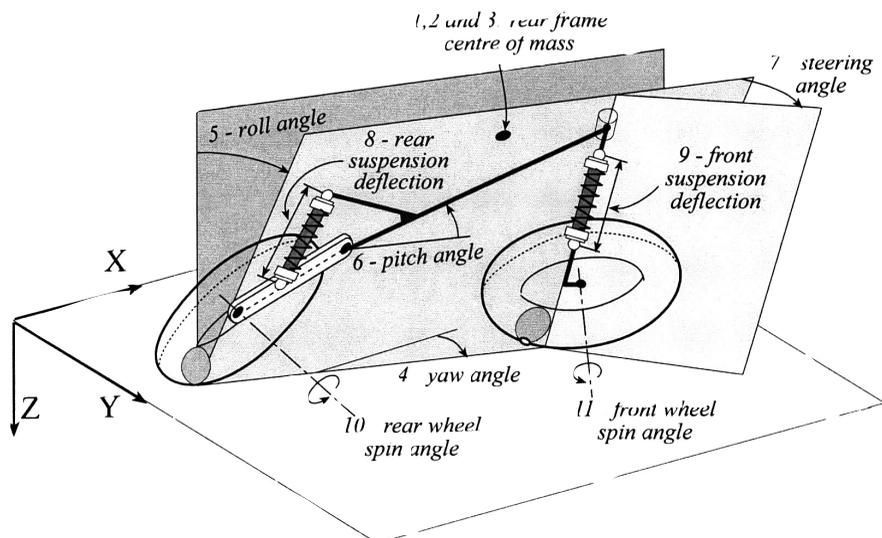


Figure 5: Degrees of freedom of motorcycle model

By means of this model steady turning motion is studied, in which roll, steering and pitch angles and suspensions' deflections are constant. In this way, the 42 second order differential equations becomes algebraic and we obtain a system of 73 algebraic equations depending on two parameters: curvature and forward speed. For each couple of these parameters, the algebraic equations are solved by means of Newton-Raphson algorithm.

4 Results

The experimental tests were carried out in the tracks of Pirelli Tyres at Vizzola Ticino (Varese-Italy). The tracks are circular and are divided into steering pads of constant width and increasing radius. Two expert riders rode the instrumented motorcycle and performed circular trajectories at constant speed along the

selected steering pad; they were instructed to move the body from the median plane of the motorcycle as less as possible.

The achievement of the steady state condition is very important when a steady turning test is performed, in this research the steady state condition was defined according to the values of forward speed and roll angle, because these quantities are less influenced by mechanical vibrations, road unevenness and rider steering activity to stabilise the vehicle [2]. For each test the average values of subsequent sets of data were calculated, the set of data in which roll angle was $\Phi = \Phi_{ave} \pm 3^\circ$ and forward speed was $V = V_{ave} \pm 0.5$ m/s was associated with the steady state condition and the corresponding average values were considered the ones typical of the steady turning manoeuvre.

The experimental tests were carried out with forward speeds in the range 6 to 20 m/s and steady turning radii in the range 15 to 55 m. Results are summarised in figure 6, in which the ratio between the steering torque and the lateral acceleration (V_{ave}^2/R) is plotted against the forward speed. This ratio, which is named steering index, has the meaning of ratio between control action and vehicle response and is roughly proportional to the ratio between the steering torque and the roll angle proposed by Zellner and Weir [2]. A manoeuvrable motorcycle shows small values of the steering index for a wide range of velocities and steady turning radii.

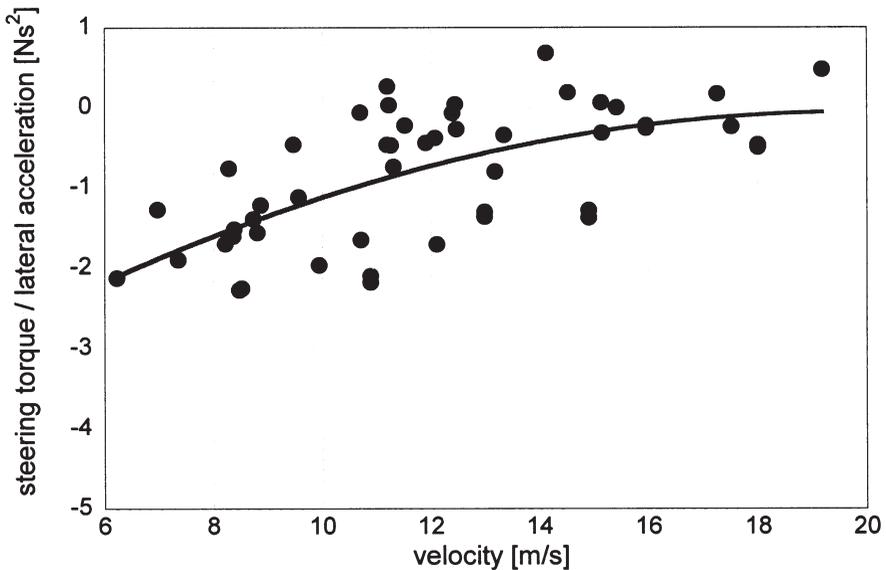


Figure 6: Experimental results, steering index against forward speed

Figure 6 shows that if the velocity is low the steering torque is negative and the index reaches the largest values in modulus. The transition from negative to positive values of the steering torque takes at about 15 m/s (54 km/h). When the velocity is high the index has small values. The experimental points are approximated by a parabolic regression curve.

More information can be obtained if the experimental points are grouped according to the medium radius (R) of the steering pad. It is interesting to highlight that the average values of the steady turning radius that were calculated according to equation $R_{ave} = V_{ave} / \dot{\Psi}_{ava}$ always satisfied inequality $R_{min} \leq R_{ave} \leq R_{max}$, where $\dot{\Psi}_{ava}$ is the average yaw velocity and R_{min} , R_{max} are the minimum and maximum radius of the steering pad respectively.

Figure 7 shows that the experimental points having different steady turning radii are fitted by different parabolic regression curves. The regression curves corresponding to the larger radii lie below the ones corresponding to the smaller radii; when the velocity is low the different curves tend to overlap. The presence of different regression curves for the different turning radii means that for each value

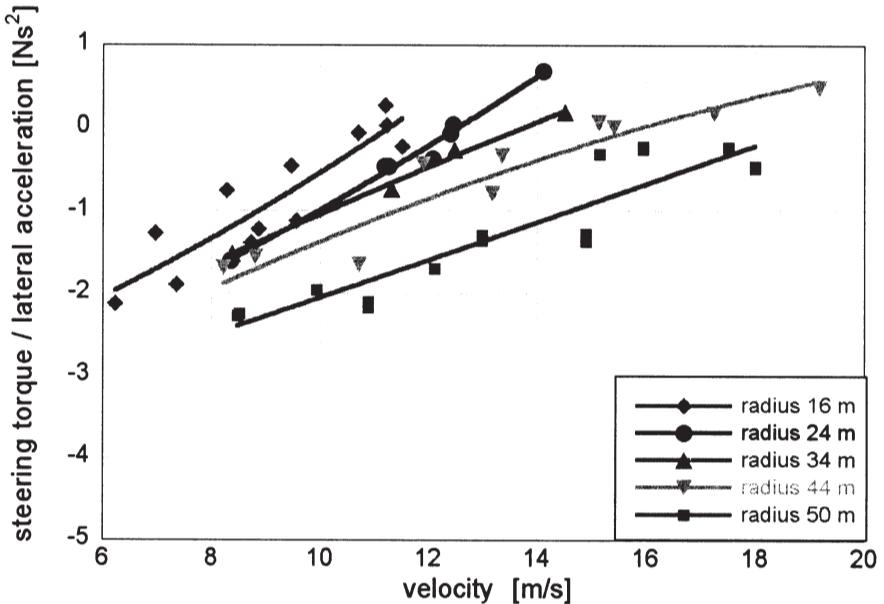


Figure 7: Experimental results, steering index against forward speed for several values of steady turning radius

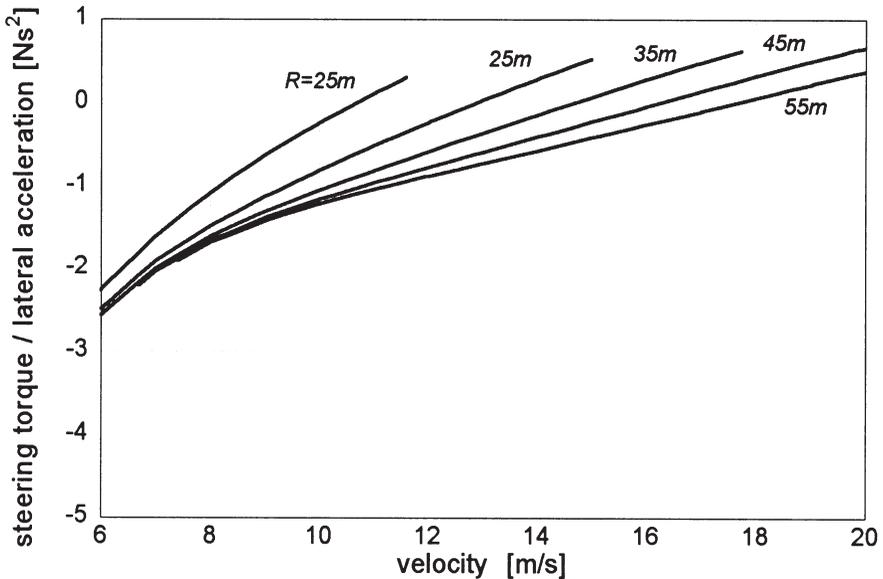


Figure 8: Numerical results, steering index against forward speed for several values of steady turning radius

of the forward speed the steering torque is not roughly proportional to the lateral acceleration, as suggested by the linear models [9].

To perform numerical calculations the geometric and inertial parameters of the motorcycle were carefully measured, rider body properties were derived from anthropometric data [10, 11], tyre properties were derived from experimental data [12].

Figure 8 shows the values of the ratio between steering torque and lateral acceleration calculated by means of the multi-body code for the ranges of velocities and steady turning radii that correspond to experimental tests. There is a good agreement between figures 7 and 8 both in the values and in the shapes of the curves, in particular the non-linear multi-body model is able to take into account the influence of the turning radius on the ratio between steering torque and lateral acceleration, which was found experimentally.

The range of steady turning parameters was then extended in order to simulate motorcycle behaviour in conditions that were not tested experimentally owing to the limit on the steering pad radius and safety reasons. Figure 9 shows that the curves corresponding to the largest steady turning radii lie below the other curves and rise with speed also above 20 m/s.

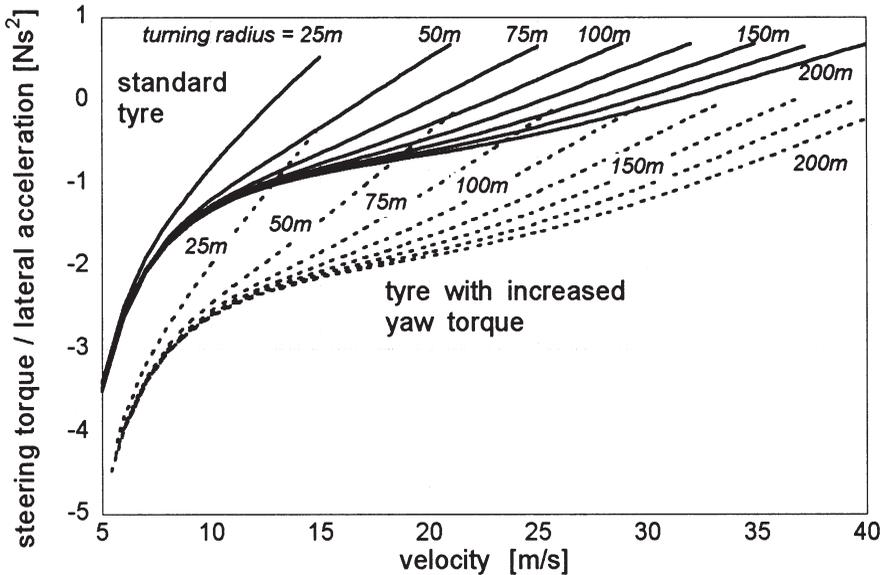


Figure 9: Numerical results, influence of the yaw torque on the steering index

Several numerical tests were then carried out to analyse the sensitivity of the steering index to the parameters that are more difficult to measure and to control during experimental tests, like tyre properties, rider position and mass distribution.

To study the effect of tyre properties, the steering index calculated considering the standard front tyre was compared with the steering index calculated considering an ideal front tyre in which only one property varied at a time.

A 25% variation in the cornering stiffness of front tyre caused only small variations in the steering index and did not modify the shape of the curves. When a 25% variation in the roll stiffness of front tyre was considered, large variations in the steering index (30%) were calculated only in the field of large lateral accelerations, nevertheless, the shape of the curves at constant steady turning radius did not change.

The yaw torque (M_z) of front tyre includes two terms: $M_z = -t(\lambda)F + M_{Tz}(\Phi)$.

The first term tends to align the wheel with the forward speed and is due to the lateral force (F) and pneumatic trail (t), which depends on side-slip angle λ . The

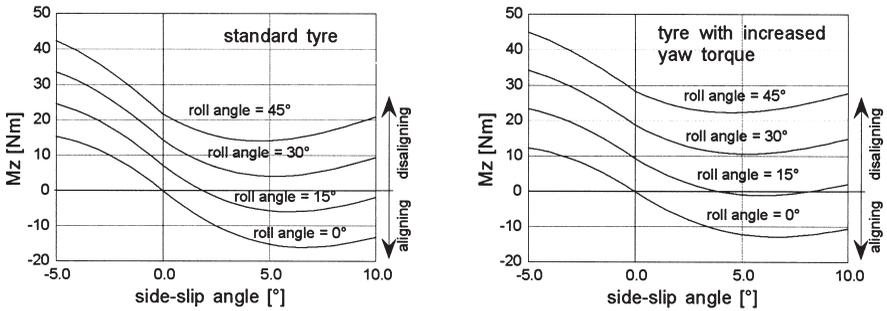


Figure 10: Yaw torque characteristics

second term, which is named twisting torque, is due to the roll angle (Φ) and does not tend to align [8, 13]. In the simulation the pneumatic trail of front tyre was decreased (-20%) and the twisting torque was increased (+11%) causing the modification in the yaw torque characteristics shown in figure 10.

Figure 9 highlights that decrement in the pneumatic trail and the increment in the twisting torque (which tends to rotate the wheel towards the curve inside) make the steering torque negative in the whole range of velocities and steady turning radii. Nevertheless the two families of curves show the same general trends, like the increment of steering index when forward speed increases and steady turning radius decreases.

The sensitivity of steering index to rider mass distribution and position was then studied. The calculated results showed only negligible variations in the steering index when 25% variations in rider moments of inertia were considered. When in the simulation the rider centre of mass was displaced of ± 0.05 m in the longitudinal direction, only very small variations in the values of the steering index were calculated. The variations in the steering index were only a bit larger when the rider centre of mass was displaced of ± 0.05 m in the vertical direction.

Finally, the influence of rider's lateral position on the steering behaviour of the motorcycle was studied. A 0.05 m lateral displacement of the centre of mass of the rider towards the curve inside was considered, which corresponds to a decrease in the roll angle of about 1° . Results are presented in figure 11, which shows the steering ratio both in the presence of lateral displacement and in normal conditions (without lateral displacement).

In the presence of lateral displacement the steering index is positive for every value of forward speed if the steady turning radius is larger than 25 m. For each value of

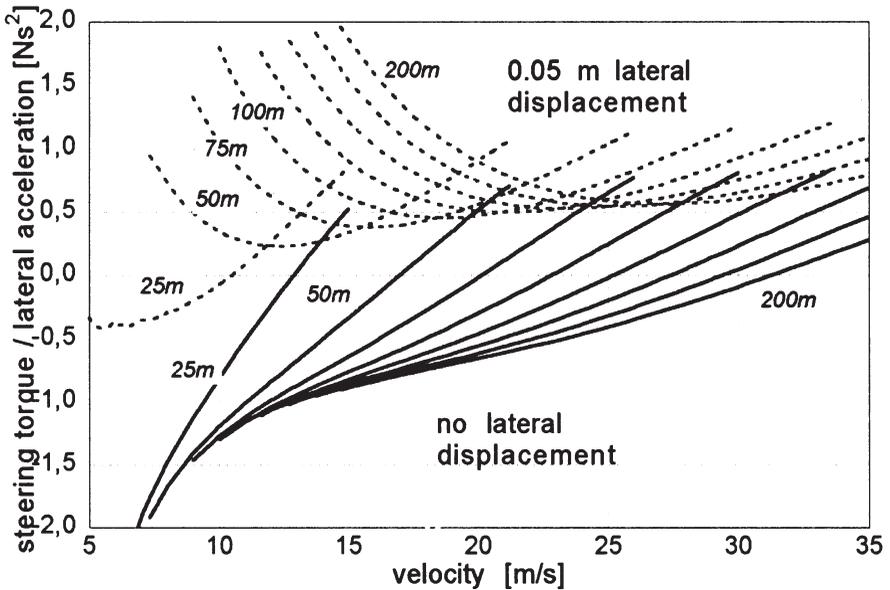


Figure 11: Numerical results, influence rider's lateral displacement on the steering index

the steady turning radius the curve which is calculated taking into account the lateral displacement of the rider lies above the curve calculated in nominal conditions. The difference between the two curves becomes very large when the lateral acceleration (V_{ave}^2/R) is low.

This behaviour can be explained taking into account two effects. The first effect is the variation of the yaw torque with side-slip and roll angles: the decrease in roll angle caused by rider's lateral displacement decreases the yaw torque and may produce the change in the sign of the yaw torque, when the side-slip angle is small ($<1.5^\circ$) and the roll angle is in the range $0 \div 20^\circ$ (see figure 10). The second effect is the variation in the moment of tyre forces about the steering axis that is due to the variation in roll angle caused by rider's displacement. In particular, if roll angle decreases, the moment of the tyre load, which tends to rotate the wheel towards the curve inside, decreases. Both the effects tend to increase the steering torque and have the same order of magnitude.

5 Conclusions

The experimental results presented in this paper show that the ratio between the steering torque and the lateral acceleration increases if the forward speed increases and decreases if the steering radius increases. In particular, in the range of small lateral accelerations, the rider has to exert a negative steering torque (that tends to turn the front wheel towards the curve outside); whereas, in the range of large lateral accelerations, the rider may control the motorcycle by means of a positive steering torque.

The steering index of a particular motorcycle depends on tyre properties and rider mass distribution and position, numerical results make it possible to highlight the influence of these parameters. Among tyre characteristics yaw torque has the largest influence on the steering index, nevertheless the variations in yaw torque do not modify the general trends identified by the experimental tests (like the increase of steering ratio with speed). The rider's mass distribution and position with respect to the motorcycle do not influence strongly the steering index as long as the rider's centre of mass lies on the symmetry plane of the vehicle. The lateral displacement of the centre of mass of the rider causes large variations in the values of the steering index and modifies strongly the shape of the curves at constant steady turning radius.

References

- [1] Cossalter, V. / Da Lio, M. / Lot, R. / Fabbri, L.: A General Method for the Evaluation of Vehicle Manoeuvrability with Special Emphasis on Motorcycles – Vehicle System Dynamics – Vol 31, N° 2, pp 113–135 / 1999.
- [2] Weir, D. H. / Zellner, J. W. / Development of Handling Test Procedures for Motorcycles – SAE Paper 780313 – 1978.
- [3] Cossalter, V. / Doria, A. / Lot, R.: Steady Turning of Two-Wheeled Vehicles – Vehicle System Dynamics – Vol. 31, n. 3, pp 157–181 / 1999.
- [4] Doria, A. / Da Lio, M. / Lot, R.: On the Steering Behaviour of Motorcycles – Proceedings Vehicle Systems Technology for the Next Century Conference II Vehicle Dynamics and Active Safety – pp 218–225 / Barcelona / 1999.
- [5] Ishii, H. / Tezuka, Y.: Considerations of Turning Performance for Motorcycles – JSAE SAE Paper 972127 – 1997.
- [6] De Jalon, J. C. / Bayo, E.: Kinematic and Dynamic Simulation of Multibody Systems – Springer Verlag – Berlin / 1994.
- [7] Pacejka, H. B. / Sharp, R. S.: Shear Force Development by Pneumatic Tyres in Steady State Conditions: A Review of Modelling Aspects – Vehicle System Dynamics – Vol. 20, pp. 121–176 / 1991.
- [8] Fujioka, T. / Goda, K.: Discrete Brush Tire Model for Calculating Tire Forces with Large Camber Angle – Vehicle System Dynamics – Supplement 25 / 1996.
- [9] Weir, D. H. / Zellner, J. W.: Lateral – Directional Motorcycle Dynamics and Rider Control – SAE Paper 780304 – 1978.
- [10] Bartlett, R.: Introduction to Sports Biomechanics – E & FN Spon – London / 1997.
- [11] Katayama, T. / Aoki, A. / Nishimi, T. / Okayama, T.: Measurement of Structural Properties of Riders – Proceedings 4th International Pacific Conference on Automotive Engineering – 1987.
- [12] Pirelli Tyres: private communication / 1999.
- [13] Cossalter, V.: Cinematica e Dinamica della Motocicletta – Casa Editrice Progetto – Padova / 1997.

Acknowledgements

The authors are grateful to Professor V. Cossalter for his advice and to Pirelli Tyres for giving access to the track. They express their appreciation to the Italian Department of University and Scientific Research for the financial support provided (40% grant).

**Ermittlung der Ankoppelungskräfte von Motorradfahrern –
Ein Ansatz zur Untersuchung des Mensch-Maschine-Systems**

***Determination of connective Forces between
Rider and Motorcycle –
an Approach to Men-Machine-System Investigation***

J. Funke
B. Breuer

TU Darmstadt, Fachgebiete Fahrzeugtechnik – Darmstadt
Deutschland

K. Landau

TU Darmstadt, Fachgebiet Arbeitswissenschaft – Darmstadt
Deutschland

Abstract

The rider has about 1/4 to 1/3 of the gross mass of the motorcycle/rider system. Therefore his behaviour and his constitution has a strong influence on driving dynamics. On the other hand, static workload, vibrations and climatic influences put stress on the rider.

This paper deals with the interaction of motorcycle and rider. Forces between motorcycle and rider on the main connective points handlebar, footrests, and seat are measured. Additionally, motorcycle data like steering angle, rolling angle, vehicle speed, etc. are monitored. For this purpose, the Automotive Engineering Department of Darmstadt University of Technology developed the necessary measuring equipment and integrated it into the test motorcycle, a BMW R 1100 RS.

Ongoing research is carried out in the laboratory, on a closed test track and in real road traffic.

Der Mensch hat ca. 1/4 bis 1/3 der Gesamtmasse des Systems Motorrad/Fahrer. Sein Verhalten und auch seine Konstitution beeinflussen deshalb in großem Maße die Fahrdynamik, unterliegen aber gleichzeitig erheblichen Rückwirkungen in Form von Belastungen durch statische Haltearbeit, Schwingungen und klimatische Einflüsse.

In einem DFG-geförderten gemeinsamen Forschungsvorhaben bearbeiten die Fachgebiete Arbeitswissenschaft und Fahrzeugtechnik der TU Darmstadt auf der Basis der bisherigen TUD-Arbeiten deshalb das wichtige Thema der Interaktion von Aufsasse und Motorrad.

In diesem Vortrag wird über die teilweise neuartige meßtechnische Ausrüstung des Versuchsfahrzeugs BMW R1100RS berichtet, an dem die Hand-, Fuß- und Sitzkräfte in allen Raumrichtungen gemessen werden.

Außerdem wird ein Einblick in die damit laufenden Versuche im Labor und auf der Straße (Versuchsgelände und öffentlicher Straßenverkehr) gegeben.

Le pilote représente un quart jusqu'à un tiers de la masse totale du système moto-motocycliste. Son comportement et sa constitution ont pour cette raison une grande influence sur le comportement dynamique du système. Réciproquement, le pilote doit fournir un travail statique de maintien, et est soumis à des vibrations comme aux agents climatiques extérieurs.

Cet exposé traite des interactions entre motocycliste et moto, étudiées au département de technologie automobile à l'Université de Darmstadt.

Les forces de maintien et d'appuie entre motocycliste et moto sont mesurées aux trois points de liaison principale: au guidon, aux appuie-pieds et à la selle. Les grandeurs suivantes sont également mesurées: angle au guidon, angle de roulis, vitesse, etc.

Dans ce but, une BMW R 1100 RS a été équipée en accessoires de mesure spécialement développées à cet effet. Des tests sont actuellement menés aussi bien en laboratoire, sur circuit que sur route public.

Einleitung

Der Mensch hat ca. 1/4 bis 1/3 der Gesamtmasse des Systems Motorrad/Fahrer. Sein Verhalten und auch seine Konstitution beeinflussen deshalb in großem Maße das Fahrverhalten und die Fahrdynamik, unterliegen aber gleichzeitig erheblichen Rückwirkungen in Form von Belastungen durch statische Haltearbeit, Schwingungen, Lärm und klimatische Einflüsse, s. Bild 1.

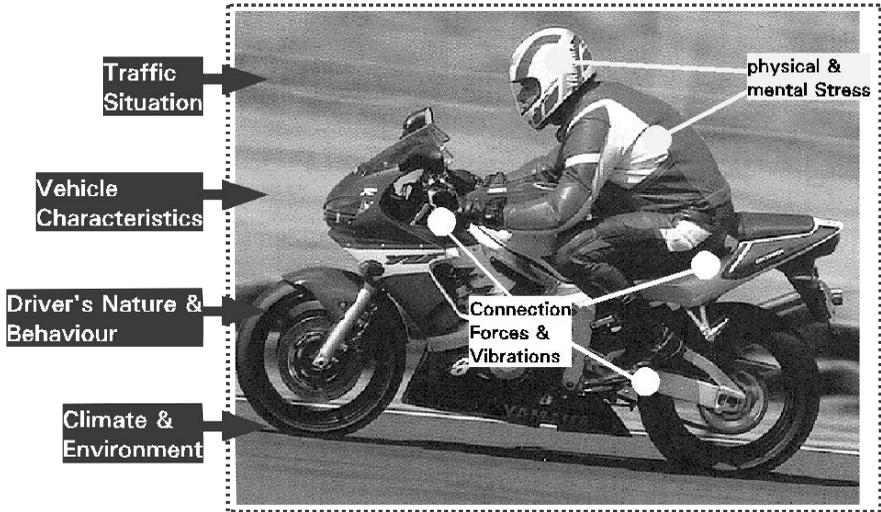


Bild 1: Mensch/Maschine-System Fahrer und Motorrad

In einem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten gemeinsamen Forschungsvorhaben bearbeiten die Fachgebiete Arbeitswissenschaft und Fahrzeugtechnik der TU Darmstadt deshalb das Thema der Interaktion von Fahrer und Motorrad. Ziel ist es zum einen, die Wechselwirkungen zwischen den vom Fahrer auf das Motorrad aufgebrauchten Kräften und den Reaktionen des Motorrads hierauf zu erfassen, zum anderen, die physische Belastung des Menschen bei der Tätigkeit Motorradfahren quantifizieren zu können.

Hypothesenbildung

Die zum Fahrerverhalten bezüglich der Krafteinwirkung des Fahrers auf das Motorrad aufgestellten Hypothesen bilden die Grundlage zur Erstellung des Versuchskonzepts. Erste Kraftmessungen am Motorrad mit dem Ziel der Erfassung der menschlichen Belastung wurden am Lenker in einer Vorgängerarbeit von Präckel [1]

durchgeführt. Basierend unter anderem auf dieser Arbeit sind folgende Hypothesen des Autors des hier vorliegenden Beitrags zu überprüfen:

- „Der Fahrer sitzt nur zufällig symmetrisch auf dem Motorrad.“

Im Gegensatz zu vereinfachenden Annahmen der derzeitigen Simulationsrechnung beispielsweise ist anzunehmen, dass ein Motorradfahrer bei der Wahl seiner Sitzposition von Vorlieben, u.U. unsymmetrisch angebrachten Ankoppelungspunkten, außermittiger Schwerpunktlage des Motorrads, Seitenwind, zur Geradeausfahrt aufzubringendem Lenkmoment o.ä. beeinflusst wird. Die Übereinstimmung der Fahrermedianebene mit der Fahrzeuglängsebene ist demnach rein zufällig.

- „Die Krafteinleitung in die Ankoppelungspunkte geschieht durch die von der Motorradergonomie und der Fahreranthropologie festgelegte Sitzhaltung vorzugsweise im gleichen Winkel.“

Der Fahrer eines Motorrads ist im Gegensatz zum Führer anderer Kraftfahrzeuge vergleichsweise fest an seine Ankoppelungspunkte gebunden. Diese Ankoppelungspunkte bestehen nicht aus Ebenen oder Bereichen, in denen der Fahrer die Position seiner Extremitäten frei wählen kann, sondern aus eng begrenzten Punkten, so dass dem Fahrer nur wenige Millimeter oder Zentimeter Spielraum gewährt werden. Daraus leitet sich die Annahme ab, dass der Fahrer in den gleichen Fahrzuständen auch mit den gleichen Kraftangriffswinkeln arbeitet.

- „Die Krafteinleitung einer Motorrad/Fahrer-Kombination ist charakteristisch.“

Dies ist die Weiterführung der vorhergehenden Hypothese. Das Motorrad mit seinen meist fest installierten Ankoppelungspunkten und der Fahrer mit seinen weitestgehend unveränderlichen Körpermaßen bilden eine Einheit, innerhalb derer es bei vorausgesetzt angepasster Fahrweise zu nur unwesentlichen Massenverschiebungen kommt. Daher ist anzunehmen, dass die intern wirkenden Kräfte nur von Motorrad/Fahrer-Kombination zu Motorrad/Fahrer-Kombination variieren. Es ist daher sinnvoll, Unterscheidungen nicht zwischen Fahrer- und Fahrzeugtypen zu treffen, sondern zwischen Motorrad/Fahrer-Kombinationen.

- „Die Krafteinleitung am Lenker geschieht vorzugsweise einseitig.“

Die Aufgabe des rechten und des linken Hand/Arm-Systems des Motorradfahrers sind so unterschiedlich wie die Bedienelemente: rechts werden Regelaufgaben an Gasgriff und Bremse vorgenommen, links die weniger feinmotorische, dafür höherfrequente Betätigung der Kupplung und bei den meisten am Markt erhältlichen Fahrzeugen auch des Fahrtrichtungsanzeigers. Hinzu kommt nun die Regelaufgabe Lenken, von der anzunehmen ist, dass der Fahrer sie je nach Vorliebe und Doppelbelastung mehr mit rechts oder mit links erfüllt.

- „Die Summe und die Verteilung der Körperkräfte an den Einleitungsstellen sind u.A. vom zeitlichen Verlauf von Längs- und Querbeschleunigungen abhängig.“

Die fast als trivial zu bezeichnende Hypothese, dass die vom Menschen auf das Motorrad aufgebrachten Kräfte von den Beschleunigungen abhängen, wird um die Abhängigkeit dieser Kräfte vom Beschleunigungsgradienten erweitert: hier spiegelt sich das Übertragungsverhalten des Menschen als Feder-/Dämpfer-System wider. Es kann davon ausgegangen werden, dass es beim Übertragungsverhalten sowohl zu interindividuellen als auch zu intraindividuellen Unterschieden kommt.

– „Die Erfahrung des Fahrers bestimmt maßgeblich das Zeitverhalten der Kräfte.“

Bei keinem anderen Kraftfahrzeug spielt die Erfahrung des Fahrers eine solch große Rolle wie beim Motorrad [2, 3]. Es wird davon ausgegangen, dass die Kraftverläufe bei einem erfahrenen Fahrer vor allem bei Kurvenfahrt oder in kritischen Situationen gleichmäßiger verlaufen als bei einem Fahrer mit vergleichsweise geringer Motorradfahrerfahrung.

Versuchskonzept zur Erfassung des Fahrerverhaltens

Das zur Überprüfung der Hypothesen notwendige Versuchskonzept umfasst die Auswahl der Messgrößen sowie das grundsätzliche Versuchslayout. Das Versuchslayout teilt sich auf in Standversuche, Standardfahrversuche auf abgesperrter Strecke mit einem kleinen Fahrerkollektiv und einem Langzeitversuch mit einem Fahrer auf immer gleicher Strecke.

Die Standversuche, s. Bild 2, bestehen aus einer fotometrischen Vermessung der Sitzposition des Fahrers mit paralleler Aufnahme der Messgrößen im Stand (aufge-



Bild 2: Standversuch



Bild 3: Konstantfahrversuch auf dem fzd-Versuchsgelände

bocktes Motorrad). Die durch das Aufbocken des Motorrads verursachte Abweichung der x-y-Ebene des Fahrzeugs von der Fahrbahnparallelen und damit die Verfälschung der absoluten Höhe der aufgebrachten Kräfte ist über die Aufnahme der Längsbeschleunigung und der gemessenen Körperwinkel zurückzurechnen und kann als vernachlässigbar betrachtet werden. Die eventuelle Abweichung der Körperhaltung des Fahrers von seiner Körperhaltung im ebenen Zustand wird als gering erachtet. Der Standversuch ergibt Anhaltspunkte für die spätere Abweichung der Kräfte von diesem Normzustand.

Die Standardfahrversuche, s. Bild 3, setzen sich zusammen aus konstanter Geradeaus- und Kurvenfahrt, definierten Slaloms, Kreisfahrt sowie definierten Beschleunigungen und Bremsungen auf dem abgesperrten fzd-Versuchsgelände. Dies geschieht mit einem kleinen Fahrerkollektiv von fünf Personen, das nach anthropometrischen Gesichtspunkten und nach Fahrerfahrung so ausgewählt ist, dass möglichst große diesbezügliche Bandbreiten erfasst werden.

Im Langzeitversuch, der im realen Straßenverkehr gefahren wird, wird die Hypothese untersucht, nach der ein Fahrer bezüglich der Kraftaufbringung auf das Motorrad in den gleichen Situationen immer wieder die gleichen Verhaltensmuster zeigt. Hier legt ein Versuchsfahrer täglich zur selben Zeit dieselbe Strecke zurück.

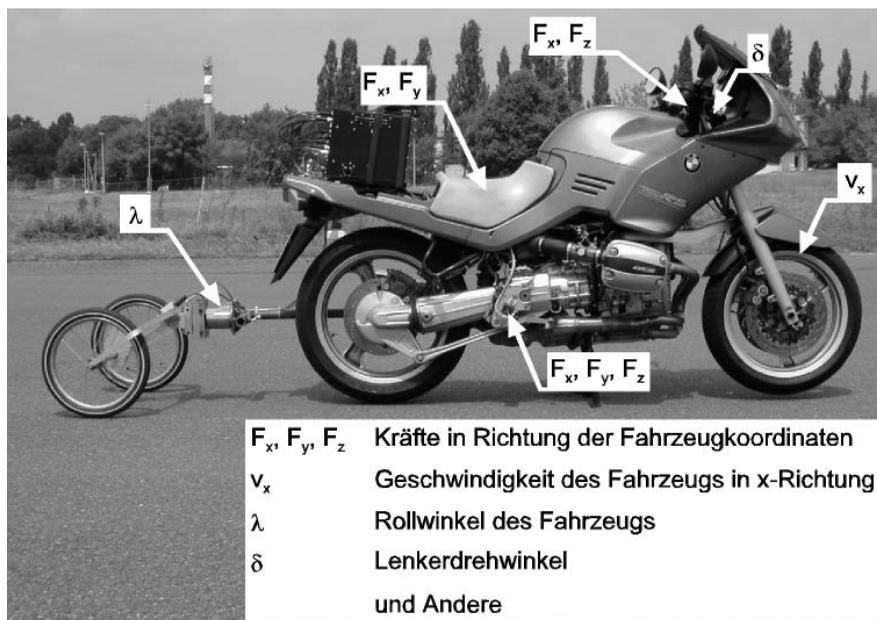


Bild 4: Am Versuchsfahrzeug erfasste Messgrößen

Die zu erfassenden Messgrößen zeigt Bild 4. Neben den Körpermaßen des Fahrers und einigen Grundgrößen am Motorrad werden die vom Fahrer auf das Motorrad aufgebrauchten Kräfte am Lenker, am Sitz und an den Fußrasten mehraxial gemessen. Dabei wird der Kraftnebenschluss am Tank zunächst vernachlässigt. Zusätzlich werden die Körpergrundhaltung ermittelt und der Lenkerdrehwinkel sowie der Rollwinkel des Motorrads gemessen. Zur genaueren Fahrzustandsbestimmung vor allem während der Versuche im realen Straßenverkehr werden die Schalterbetätigungen an den Handarmaturen, die Bremsen- und die Kupplungsbetätigungen aufgezeichnet.

Umsetzung des Messkonzepts

Die Realisierung des für die Versuche notwendigen Messkonzepts gestaltete sich motorradtypisch schwierig. Die in den Ankoppelungspunkten versteckt untergebrachte Messtechnik basiert auf dem Dehnungsmessstreifenprinzip. Die bereits in [1] beschriebene Kraftmesseinrichtung im Lenker arbeitet mit dem Prinzip des doppelten Biegebalkens, die in den Fußrasten, s. Bild 5, sowohl mit diesem Prinzip als auch mit dem Prinzip der Scherkraftmessung. Die Messeinrichtung im Sitz ermittelt über Kraftmessdosen nur Kräfte in Fahrzeug-x- und Fahrzeug-y-Richtung.

Mit Hilfe eines zweispurigen Peiselerads wird während der Versuche auf abgesperrter Strecke der Rollwinkel ermittelt.

Das Datenaufzeichnungsgerät und die Verstärkerkarten wurden zusammen mit zahlreichen weiteren notwendigen elektronischen Komponenten in einem weit-

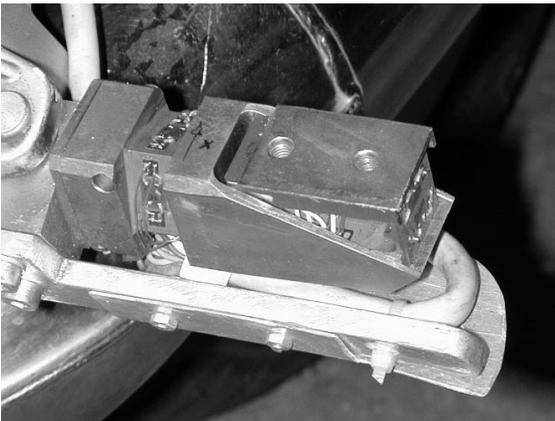


Bild 5: Messfußraste, ohne Abdeckung, Blick von schräg oben



Bild 6: Datenaufzeichnung auf dem Soziussitz

gehend schwingungsentkoppelt aufgehängten, robusten Aluminiumgehäuse an Stelle des Soziussitzplatzes untergebracht. Dieser Teil der Messtechnik hat eine Masse von unter 8 kg und ist sehr kompakt, s. Bild 6.

Zusammenfassung und Ausblick

Es konnte mit dem Versuchsmotorrad BMW R 1100 RS ein Werkzeug geschaffen werden, mit dem es erstmals möglich ist, die Kräfte des Menschen während der Fahrt unabhängig vom Kraftangriffspunkt zu bestimmen. Mit der vorgestellten Untersuchungsmethodik ist eine Isolierung der für die Kraftaufbringung des Menschen relevanten Einzelparameter möglich.

Die so gewonnenen Ergebnisse können sowohl zur Ermittlung von Daten für die Motorrad/Fahrer-Simulation als auch zur Schaffung von Grundlagen zur weiteren Forschung an Fahrer-Assistenzsystemen für Motorräder genutzt werden. Bild 7 zeigt erste interessante Versuchsergebnisse.

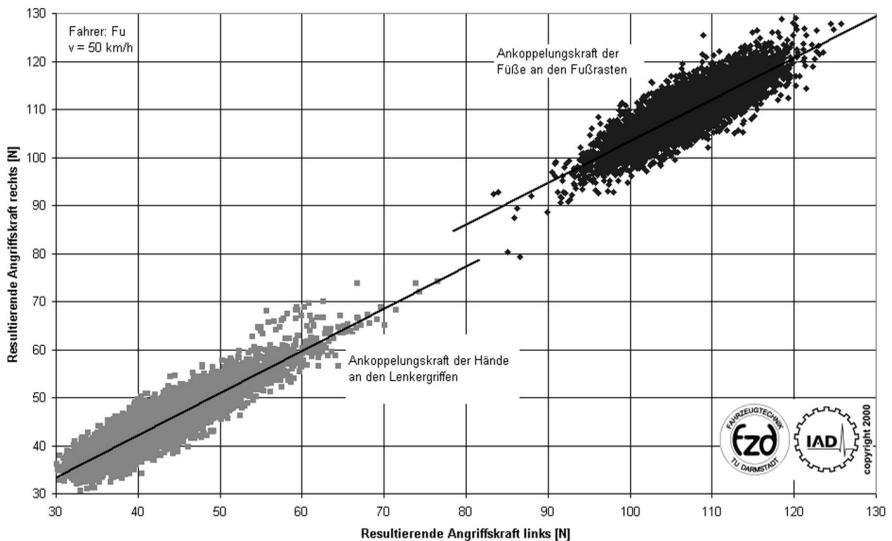


Bild 7: Verteilung der resultierenden Angriffskräfte bei einer Konstantfahrt mit einer Geschwindigkeit von 50 km/h

Literatur

- [1] Präckel, J.: Die Motorradbremsung im System Mensch / Maschine / Umgebung. Diss. Technische Universität Darmstadt, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12, Nr. 384, VDI-Verlag, Düsseldorf 1999
- [2] Weidele, A.: Untersuchungen zum Bremsverhalten von Motorrädern unter besonderer Berücksichtigung der ABS-geregelten Kurvenbremsung. Diss. Technische Hochschule Darmstadt, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12, Nr. 210, VDI-Verlag, Düsseldorf 1994
- [3] Bayer, B.: Das Pendeln und Flattern von Krafträdern. Diss. Technische Hochschule Darmstadt, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 1985
- [4] Schröder, F.: Betriebsweise, Emissionen und Kraftstoffverbrauch von Motorrädern – Grundlagen für realitätsnahe Mess- und Prüfmethode. Diss. Technische Universität Darmstadt, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12 (im Druck)

**Intelligent Transportation Systems and Motorcycle Safety:
A review of current Trends in the Development and
Deployment of Intelligent Transportation Systems and
Identification of Opportunities to enhance Motorcycle Safety**

***Intelligente Transportsysteme und Motorradsicherheit:
Eine Besprechung der aktuellen Trends in der Entwicklung
und Einführung intelligenter Transportsysteme
und Identifikation von Möglichkeiten der Verbesserung
der Motorradsicherheit***

Sean M. Maher

AMA, Pickerington Ohio
USA

Abstract

The current state of Intelligent Transportation System (ITS) technologies development and deployment in the United States is reviewed. In addition to describing the various service categories of ITS, such as Automated Collision Warning Systems (ACWS), Automated Vehicle Control Systems (AVCS), etc., the status of several ITS-related standards is examined in the context of their consideration of motorcycles as target vehicles.

Drawing from participation in a recent demonstration project conducted at the Transportation Research Center, East Liberty, Ohio, the opportunities and challenges widescale deployment of ITS technologies may present to motorcycle safety is discussed from the rider's perspective; with particular emphasis on Automated Collision Warning Systems (ACWS), Automatic Cruise Control (ACC) and Automated Collision Notification Systems (ACNS). A summary of recommendations is provided toward exploring those promising technologies that will enhance motorcycle safety, and minimizing the impact of those technologies that may compromise motorcycle safety.

Der gegenwärtige Entwicklungsstand und die Forschung an Intelligenten Verkehrssystemen (Intelligent Transportation System – ITS) wird dargestellt. Verschiedene Nutzungsmöglichkeiten von ITS, wie automatische Kollisionswarner, Fahrzeugsteuermöglichkeiten, etc. werden aufgezeigt. Auch der Status der gegenwärtigen ITS-Standards unter Berücksichtigung von Motorrädern als automatisch zu erkennende Verkehrsteilnehmer wird untersucht.

Anhand von Erkenntnissen aus einem aktuellen Demonstrationsprojekt am Transportation Research Center, East Liberty, Ohio werden die Möglichkeiten und Herausforderungen für die Motorradsicherheit aus der Fahrerperspektive diskutiert. Schwerpunkte sind automatische Kollisionswarnung (Automated Collision Warning System – ACWS), automatische Geschwindigkeitsregelung (Automatic Cruise Control – ACC) und die automatische Unfallmeldung (Automated Collision Notification System – ACNS). Die Zusammenfassung gibt Empfehlungen zur Nutzung dieser vielversprechenden Technologie für die Weiterentwicklung der Sicherheit von Motorrädern und versucht, Einschränkungen dieser Technologie für die Zweiradsicherheit zu minimieren.

Introduction

The rapid pace of development and deployment of intelligent transportation systems has created new challenges for motorcycling. While the potential exists for enhancing motorcycle safety, little is being done by the ITS industry or government to do so. Driver error has been noted as a factor in nearly 90% of all vehicle crashes. While some promote ITS as an enhancement for drivers, it can also be argued that these systems create additional distractions for drivers. The increased use of cellular phones and navigation systems distracts motorists from the tasks of driving. Planned integration of world wide web access, e-mail, voice-mail, and media entertainment systems in passenger vehicles will certainly lead to even more distraction. By not researching what impact many of these technologies will have on motorcycle safety, either directly or indirectly, industry and government in their rush to market have failed to adequately consider the needs of motorcyclists. It is therefore critical that the motorcycling community step forward to ensure motorcycle safety is not compromised and that the benefits and conveniences many of these services provide are accessible to motorcyclists.

What is ITS?

In a broad sense, the goal of Intelligent Transportation Systems (ITS) in the United States is to improve the efficiency and safety of our transportation system through the creative application of information technology. Drawing from the fields of information processing, communications, control and electronics, engineers have rapidly developed, refined and applied these technologies to surface transportation needs. Marketed benefits include improvements in safety, congestion reduction, improvements in the environment, enhanced mobility and accessibility, increased energy efficiency, increased economic productivity and international competitiveness.

The end of the Cold War and the subsequent reduction in demand for defense technology applications was a significant contributor to the explosion of interest in Intelligent Transportation Systems. Faced with a declining market, the defense industry and the government looked toward applying much of the high technology already developed toward solving domestic transportation issues. In effect, creating a ripe new market for these technologies.

The U.S. Congress initiated the ITS program, formerly called the National Intelligent Vehicle Highway System (IVHS), with the passage of the Intermodal Surface Transportation Efficiency Act (ISTEA) of 1991. The Act provided \$659 million dollars for the ITS program over the course of 5 years. The Transportation Equity Act for the 21st Century (TEA-21), passed by Congress in 1996, continued the strong funding

for the ITS program. In addition to federal funding, industry has contributed significantly toward research and development costs.

The U.S. Department of Transportation established a goal to complete deployment of basic ITS services for consumers of passenger and freight transportation across the nation by 2005. Emphasis has been placed on deployment in the 75 largest metropolitan areas of the United States. Already several components of ITS are in place in many of these metropolitan areas including Arterial Management Systems, Freeway Management Systems, Transit Management Systems, Electronic Toll Collection and Traveler Information Systems.

These types of systems have traditionally been infrastructure based systems. In 1997, the U.S. DOT launched the Intelligent Vehicle Initiative (IVI) to accelerate the deployment of vehicle-based technologies for the primary purpose of improving safety. Manufacturers are being encouraged to develop and field systems such as collision warning, collision notification, and lane departure warning, with a goal of having these systems widely available in the passenger vehicle fleet within the next few years. A challenge for IVI is overcoming the obstacles that increased driver distraction may present. Many of these systems rely on audio and/or visual warnings and displays which will add to the systems a driver must monitor in day-to-day operation.

Scope of ITS – User Services

The U.S. Department of Transportation has identified 31 user services and divided them among 7 user service bundles to describe the scope of intelligent transportation systems. A national systems architecture has been established, and standards for regional and national inter operability are being developed.

The user service bundles are Travel and Traffic Management, Public Transportation Management, Electronic Payment, Information Management, Commercial Vehicle Operations, Advanced Vehicle Safety Systems and Emergency Management.

Travel and Traffic Management

Services included within the Travel and Traffic Management bundle are directed toward increasing efficiency, reducing energy and environmental impacts, enhancing productivity (through reduced congestion), and enhancing mobility. Most of these services use the basic functions of surveillance, communications, user interfaces and data base processing to operate. The services are Pre-Trip Travel Information, En-route Driver Information, Route Guidance, Ride Matching and Reservation, Traveler Services Information, Traffic Control, Incident Management, Travel

Demand Management, Emissions Testing and Mitigation and Highway-Rail Intersection control.

Public Transportation

The Public Transportation service bundle is directed toward decreasing reliance on personal vehicles by enhancing the efficiency, convenience, cost effectiveness, safety and security of public transportation. The services included are Public Transportation Management, Enroute Transit Information, Personalized Public Transit and Public Travel Security.

Electronic Payment

The Electronic Payment bundle consists of one user service, Electronic Payment Services. This service is intended to provide travelers with a common electronic payment method for all transportation modes and services. Examples of this service include electronic toll collection and electronic fare collection on public transportation systems.

Information Management

This Information Management service bundle contains just one user service, Archived Data Function.

Commercial Vehicle Operations

The Commercial Vehicle Operations services are primarily directed with the movement of freight, focusing on two specific areas; improving private-sector fleet management and streamlining government/regulatory functions. User services include Commercial Vehicle Electronic Clearance, Automated Roadside Safety Inspections, Onboard Safety Monitoring, Commercial Vehicle Administrative Processes, Hazardous Material Incident Response and Commercial Fleet Management.

Advanced Vehicle Safety Systems

The Advanced Vehicle Safety Systems bundle consists of 7 user services all related primarily to improving safety through the reduction of crashes, injuries and fatalities. The services are Longitudinal Collision Avoidance, Lateral Collision Avoidance, Intersection Collision Avoidance, Vision Enhancement for Crash Avoidance, Safety Readiness, Pre-Crash Restraint Deployment and Automated Vehicle Operation. These services are generally categorized as Automated Collision Warning Systems (ACWS).

Emergency Management

The Emergency Management bundle consists of user services related to the detection, notification and response to emergency situations. The services are Emergency Notification and Personal Security, and Emergency Vehicle Management and are categorized as Automated Collision Notification Systems (ACNS)

Motorcycles and the Intelligent Transportation System (ITS)

Consideration of motorcycles in the development and deployment of intelligent transportation systems has been minimal, if nonexistent. No formal research has been conducted to determine the potential safety benefits that these technologies may bring to motorcycling, nor have attempts been made to determine how some of these technologies may compromise motorcycle safety. In addition, user services such as electronic toll collection have been widely deployed without making accommodations for motorcycles, therefore denying motorcyclists the benefits and convenience that these technologies provide.

In 1996, the American Motorcyclist Association (AMA) launched an initiative to increase awareness and consideration of motorcycles within the ITS industry and government. The AMA became a member of ITS America, the only federal advisory committee created by Congress to advise the government on matters pertaining to intelligent transportation systems. The vast majority of ITS America members are industry representatives, heavily involved in the research, development and deployment of intelligent transportation systems. The forum provides an opportunity to interact directly with the leaders of the ITS industry. Participating on several ITS America committees, the AMA has successfully interjected the need for motorcycles to be a factor of consideration in the development and deployment of ITS technologies with these industry leaders. A recent example is the AMA's participation in Demo '99.

Demo '99 was an intelligent vehicle demonstration project conducted by ITS America and numerous ITS industries. The demonstration was held in July, 1999 at the Transportation Research Center, East Liberty, Ohio. The event provided an opportunity for manufacturers to demonstrate their latest vehicle technologies to a variety of industry, government and media representatives.

The AMA took part in two demonstrations: Adaptive Cruise Control and Collision Warning Systems. In the Adaptive Cruise Control demonstration, GM-Delphi provided an automobile equipped with Adaptive Cruise Control (ACC), while the AMA provided a rider and Honda VFR750 motorcycle to act as a target vehicle.

Adaptive Cruise Control is designed to automate the process of speed adjustments that are necessary when a vehicle in cruise mode encounters a slower moving vehicle. The demonstration required the automobile to follow the motorcycle in a straight line and around curves while maintaining preset following intervals of 1 seconds, 1.5 seconds and 2 seconds. The motorcycle increased and decreased speed both in the straight line and on curves. In addition, the motorcycle conducted a quick passing maneuver, merging rapidly in front of the ACC equipped automobile, and slowing rapidly.

The ACC performed best in straight lines, quickly targeting the motorcycle and adjusting speed accordingly, even under the quick-pass, rapid-slowing maneuver. In the curves, however, the ACC system lost track of the motorcycle on several occasions. Most notably when the motorcycle ran high or low in the curve moving out of the sensors path. When the motorcycle moved back into the path of the sensors, it was rapidly identified as a target and speed was adjusted.

Another demonstration the AMA participated in was with Altra Technologies, Inc. Altra demonstrated a van equipped with its collision warning system including forward-looking detection, side object detection, and rear collision warning. Again, a Honda VFR750 was used as the target vehicle.

Altra had not previously tested their equipment with motorcycles. On initial practice runs, the equipment did not detect the motorcycle. However, these practice runs enabled Altra to collect the data necessary to calibrate the sensors to reliably detect the motorcycle in several follow-on demonstrations.

The collision warning demonstrations included approaching a stopped motorcycle, backing up to a stopped motorcycle, and detecting a motorcycle in motion to the rear, side and front positions of the test vehicle. Once properly calibrated, the equipment worked flawlessly providing both audible and visual warnings to the vehicle driver that the motorcycle was near.

Demo '99 provided a great opportunity to see how intelligent transportation systems will potentially interact with motorcycles. In addition, it enabled AMA to raise awareness about the needs of motorcycles to those who are conducting the research and development of these systems.

In addition to its industry-targeted effort, the AMA successfully lobbied the U.S. Congress to require that the needs of motorcyclists be considered in intelligent transportation systems. This directive was included in the Transportation Equity Act for the 21st Century, passed by Congress and signed by President Clinton in November, 1996. The provision states that among the goals of Intelligent Trans-

portation Systems are accommodating the needs of all users and specifically lists motorcycles among those users.

Another provision included in TEA-21 guarantees that motorcycles may not be prohibited from any highways built, administered or maintained with federal-aid highway dollars. This provision in effect ensures that motorcycles will not be prohibited from any ITS-enhanced infrastructure because federal-aid dollars are used in large part to build them.

More recently, the AMA has become involved in the development of ITS standards, both on a national and international level. Working with members of the Society of Automotive Engineers (SAE) the AMA has provided comment on the development of the SAE and International Standards Organization (ISO) standards for Adaptive Cruise Control and Side Obstacle Warning systems.

Initially the ISO draft of the ACC standard did not specify which vehicles the system should respond to, instead listing 2 general target descriptions based on Radar Cross Section. However, the SAE draft standard specified that ACC systems shall respond to all motorized road vehicles, including motorcycles. This language has been proposed for adoption of the ISO standards.

The Side Obstacle Warning Systems standard, provides the criteria under which systems should detect obstacles in a lateral or side position to the host vehicle. The AMA participated in the original draft of this standard and motorcycles are being considered as minimum targets that the systems should respond to.

While motorcyclists have had some success in the development of these standards, there are numerous other standards that have already been completed and others that are moving through the approval process that have not had the benefit of input from the motorcycle community.

There appears to be a growing interest in some ITS technologies on the part of motorcycle manufacturers, most notably Honda. Last year's unveiling of the Honda X-Wing prototype illustrated the creative integration of several technologies including a GPS system and video-based rear-view vision. More recently, Honda demonstrated the Foresight scooter equipped with collision warning type equipment. It appears likely that motorcycle manufacturers will integrate, in at least some of their touring models, some of the more consumer-oriented user services such as navigation systems, GPS and perhaps cellular communication systems. However, systems such as Adaptive Cruise Control and collision warning systems are unlikely candidates at this time for deployment on motorcycles.

Opportunity User Services for Motorcycle Safety.

What ITS systems should be applied to motorcycles, and how should they be applied? It is not expected, practical, nor generally desired by motorcyclists, that technologies providing operator control assistance or override be developed and integrated with motorcycles. The operation of a motorcycle is elemental to the enjoyment of motorcycling. Devices which diminish this control would likewise diminish the joy of motorcycling. However, the proliferation of these types of technologies within the passenger and commercial motor vehicle fleet will occur. It is therefore, imperative that these systems be fully capable of detecting and responding to motorcycles as “target” vehicles. And while some ITS user service technologies are not suited toward integration with motorcycles, others are.

As the user services of ITS are considered, several rise in priority for motorcycle considerations. These are Automated Collision Warning Systems (ACWS), Automated Cruise Control (ACC), Electronic Toll Collection, Automated Collision Notification, and Privacy Issues.

Automated Collision Warning Systems (ACWS)

Perhaps the most notable among these are longitudinal, lateral and intersection collision avoidance systems. These can be broadly categorized as Automated Collision Warning Systems (ACWS) and hold the potential to both advance motorcycle safety significantly or set it back. These systems are generally designed to detect, alert drivers, and in some cases assume control of the vehicle when encountering potential collision situations in a variety of scenarios to include head-on, rear-end, backing, laterally (lane-changing), and intersections.

ACWS that are developed and tested to reliably recognize and respond to motorcycles as “target” vehicles could do much to mitigate multi-vehicle collisions between inattentive motorists and motorcyclists; particularly in the left-hand turn in front of an approaching vehicle accident scenario. Fielding systems that do not recognize motorcycles, however, runs the risk of aggravating these types of multi-vehicle collisions by giving drivers a false sense of functionality. Although ACWS is receiving considerable attention from both government and industry, with goals to incorporate systems in much of the passenger fleet in the next 5–10 years, no research has been conducted to determine what impact, positive or negative, ACWS will have on motorcycle crashes.

Automated Cruise Control (ACC)

Another priority is Automatic Cruise Control (ACC) which is a near-term reality for passenger fleet deployment and like ACWS, a technology that is not likely to be

integrated with motorcycles. ACC-equipped automobiles are already sold in Europe and will arrive on U.S. Shores in the 2001–2002 model years. ACC systems are an advancement of traditional cruise control. These systems ideally relieve the operator of having to make incremental changes to cruise speed when approaching slower vehicles, or having slower vehicles merge into their path of travel. Primarily radar-based, ACC detects “target” vehicles and adjusts the following distance of the host vehicle to maintain a predetermined following distance, which is measured in time, not speed. For example, a driver can establish a 2-second following distance.

Demonstrations have indicated that at least some of these systems reliably detect motorcycles, notably the GM-DELPHI system. However, performance diminishes when tracking motorcycles through curves. Reliable detection of motorcycles by ACC systems is, like ACWS, a great concern. It is likely that drivers will increasingly rely on these systems, and may therefore reduce their attention to the full demands of operating a motor vehicle. If these systems cannot dependably detect and react to motorcycles, then risk is increased due to reduced driver attention. The AMA is involved with the development of the ISO standard for ACC and is advocating that the minimum target vehicle be that of a small motorcycle.

Electronic Toll Collection

Electronic Toll Collection is another priority ITS service for motorcycles. Approximately 20 states of the U.S. have automated toll collection facilities. These facilities are generally equipped with equipment capable of identifying various vehicle types and assessing tolls accordingly. This is triggered by transponders that are provided to customers of the toll facility. However, most of these facilities have not made accommodations for motorcycles, continuing to require manual toll collection. An exception is the EZ-Pass system of New York State’s Metro Tri-Burrough Bridge and Tunnel Authority. There they have not only made transponders available to motorcyclists, but have calibrated the transponders to provide discounted fares.

Electronic toll collection holds the promise to provide some equity in the toll class system for motorcyclists. Typically, motorcycles are tolled at the rate of passenger cars. Motorcycles with trailers are often assessed the same toll as a three-axle truck. Rationale for this practice has been the inability or lack of resources to spend time separating motorcycles into a different class. With automated vehicle identification an integral part of electronic toll collection, this excuse is no longer valid. All the benefits of electronic toll collection should be made available to motorcycles.

Automated Collision Notification

Nearly half of all motorcyclist fatalities in the United States occur in a single-vehicle motorcycle accident. Research has shown that emergency services rendered within the first hour immediately following injury, commonly referred to as the Golden Hour, are critical in preventing death of those who are seriously injured. Prompt emergency services notification and response when a motorcycle accident occurs holds the potential to save many lives.

Automated Collision Notification systems provide the means to notify emergency services personnel that a crash has occurred and where it has occurred. The notification system typically consists of a “black box” fitted with accelerometers, cellular and GPS technology. The accelerometers measure vehicle dynamics. When a condition indicating a crash has occurred is measured, an emergency call is initiated via the cellular equipment and the vehicle location can be pinpointed by the GPS technology. This information is relayed to an emergency response team, which is then dispatched to the crash location

These systems, sometimes referred to as MAYDAY, are currently being integrated on higher-end passenger vehicles such as Mercedes and Cadillac. Development has been focused on passenger vehicle applications. The application to motorcycles is obvious and should be researched and developed.

Privacy Issues

Many of the technologies used to enable intelligent transportation systems involve some form of vehicle monitoring or tracking. In most cases, the systems must be activated by the vehicle operators. However, some systems may be activated remotely. Whatever the case, the technology itself gives rise to concerns about privacy and governmental intrusion into the private lives of citizens.

While standards are being developed to protect privacy and provide guiding principles for the application of these technologies, as with all things there are no guarantees. Ultimately, the consumers of these products will have to decide how much they are willing to compromise their privacy for the safety and convenience benefits that many of these services provide.

Conclusion

While consideration of motorcycles in the early development of intelligent transportation systems in the United States was virtually nonexistent, progress has been made. Motorcycle awareness has been raised in the ITS industry through the

American Motorcyclist Association's involvement with ITS America, the standards development process and practical demonstrations such as Demo '99. In addition, The U.S. Government has taken note of the interests of motorcyclists, by requiring consideration of motorcycles among the goals of ITS and protecting motorcycle access to all federal-aid highways.

Research is needed to determine the merits and costs of various ITS technologies regarding motorcycle safety. At a minimum, motorcycle safety should not be compromised by the deployment of any new technologies. The potential for additional driver distraction inherent in many ITS systems is particularly troublesome and warrants scrutiny.

The application of collision warning systems toward the mitigation of multi-vehicle collisions involving motorcycles should be researched. Special emphasis should be given to the left-hand turn in front of an approaching vehicle scenario, which is the most common multi-vehicle crash scenario involving motorcycles. ITS systems on host vehicles should be enhanced to reliably detect and respond to motorcycles in all situations.

Automatic collision notification systems should be researched and developed for motorcycle applications. Nearly half of all motorcyclist fatalities in the United States occur in single-vehicle motorcycle crashes. Accelerating aid to the injured through the reduction of emergency response time could potentially save many lives.

Convenience user services such as electronic toll collection and traveler information services should be available to motorcyclists. Toll facilities should create distinct motorcycle specific toll classes with rates no more than fi that of automobiles. Toll transponders should be made available for motorcycles. Those electronic facilities that do not have this equipment available for motorcycles, should waive tolls for motorcycles until they do have the equipment.

Throughout the deployment of all these technologies, the privacy of citizens must be preserved.

When it comes to Intelligent Transportation Systems, it's clear that neither the ITS industry nor government will rush to recognize the needs of motorcycles or devote resources toward improving motorcycle safety. Given this truth, it is incumbent on the motorcycle riding community and the motorcycle industry to demand this deserved recognition through active involvement with the various institutions shaping ITS.

References

- [1] Hancock, Dr. P. A./Motorcycle Safety Foundation: *Motorcycles in Intelligent Transportation Systems (ITS)*. USA, Edina, MN, 1996.
- [2] Judycki, Dennis and Euler, Gary: *The Intelligent Vehicle-Highway Systems Program in the United States*. USA, Washington, D.C., 1994,
- [3] Intelligent Transportation Society of America: *Saving Lives, Time and Money Using Intelligent Transportation Systems: Opportunities for Deployment*. USA, Washington, D.C., 2000.
- [4] Intelligent Transportation Society of America/U.S. Department of Transportation: *National ITS Program Plan*. USA, Washington, D.C., 1995.

**Virtuelles Prototyping am realen Referenzsystem
Motorrad-Fahrer-Straße**

***Virtual Prototyping on a real Reference System
Motorcycle-Rider-Street***

Michael Schmidt

MuZ Engineering GmbH – Zschopau
Deutschland

1. Einleitung

Der Entwicklungs- und Produktionsstandort Zschopau (Sachsen) war die Geburtsstätte des Zweitaktmotors und dessen erfolgreiche Weiterentwicklung zum Zentrum der deutschen Motorradindustrie. Unter dem Markennamen DKW, IFA und MZ wurden über 3.200.000 Motorräder produziert. Durch innovative Konstruktionen und große Erfolge im Rennsport etablierte sich DKW zum größten Motorradhersteller der Welt.

Mit Gründung der Firma MZ GmbH begann eine neue Epoche in der Geschichte des Zweiradbaus in Zschopau. Die MZ Engineering GmbH ist heute der Entwicklungspartner und Konstruktionsträger der MZ-Produkte und bietet komplette Entwicklungen von Fahrzeugen, Verbrennungsmotoren, Baugruppen sowie Elektroantrieben an.

Aufbauend auf die zahlreichen praktischen Erfahrungen beschäftigen wir uns im Hause MZ seit 1996 konsequent mit der Betriebsfestigkeit. Dabei wollen wir mit Hilfe der Methode der Finiten Elemente (FEM) und der Mehrkörpersimulationen (MKS) aufzeigen, ob die entsprechenden Bauteile die geforderten Lebensdauerwerte erfüllen sowie dem realen System Motorrad-Fahrer-Straße in ihren dynamischen Eigenschaften entsprechen. Mit Hilfe unserer beiden Verbundpartner, dem Institut für Mechatronik e.V. an der Technischen Universität Chemnitz (IfM) sowie der Westsächsischen Hochschule Zwickau (FH) (WHZ), wurde durch die Sächsische Aufbaubank das Forschungsprojekt „Entwicklung innovativer Methoden zur betriebsfesten Auslegung von Motorradtragkonstruktionen in Leichtbauweise“ (Projekt-Nr.: 4543/700) gefördert, welches im folgenden näher erläutert wird. Stellvertretend seien hier Prof. Dr. sc. nat. Maißer, Dr. sc. techn. Wolf und Prof. Dr.-Ing. habil. Gärtner genannt.

2. Die Methode des Virtuellen Prototyping

Die moderne Motorradentwicklung stellt erhöhte Anforderungen auf den Gebieten der Fahrsicherheit, der Senkung der Abgasemission, der Reduzierung des Geräuschpegels sowie einer ausreichenden Lebensdauer der tragenden Motorradteile. Grundlage dafür ist eine kostengünstige Auslegung der Tragkonstruktion in Leichtbauweise, um den Benzinverbrauch zu senken und gleichzeitig leichte Handhabbarkeit und Beherrschbarkeit zu wahren. Dabei steht die Entwicklung unter dem steigendem Druck, den Zeitraum vom ersten Entwicklungsschritt bis zur Markteinführung entscheidend zu verkürzen. Die Kosten für die Änderung einer Konstruktion steigen exponential mit dem Entwicklungsstand, so daß es unerlässlich ist, wichtige Entscheidungen in die frühe Phase der Entwicklung zu legen.

Ziel soll es sein, die kostenintensive Methode „trial-and-error“ weitestgehend durch ein effektives wissenschaftliches Ingenieursdenken zu ersetzen.

Die traditionelle Entwicklung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Konstruktion eines Bauteiles nur durch praktische Anwendung geprüft und freigegeben werden kann. Das bedeutet, daß aufwendige Prototypen und umfangreiche Meßverfahren angewendet werden müssen. Dieses Verfahren ist sehr langsam, aufwendig, bindet hohe Kosten und ist eng mit zahlreichen Qualitätsproblemen verbunden (Bild 1).

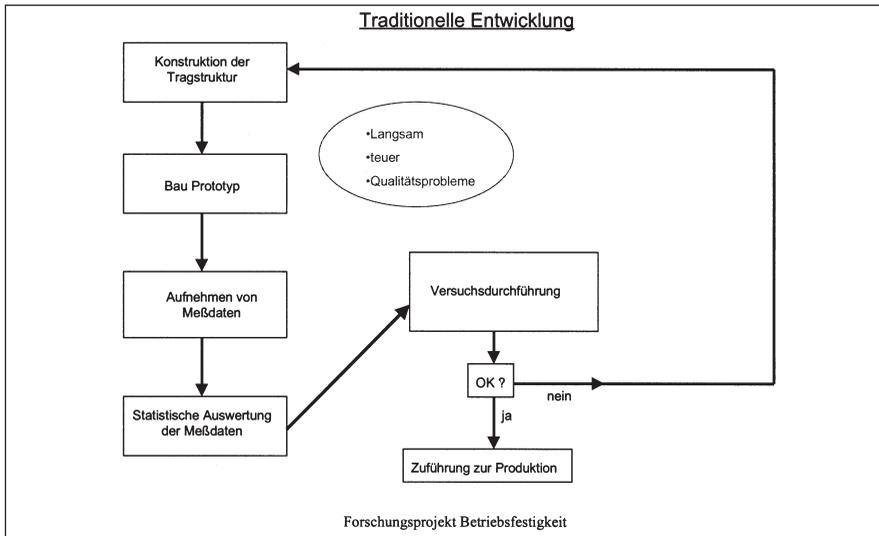


Bild 1: Traditionelle Entwicklung

Mit Einsatz der Methode des Virtuellen Prototyping ist es möglich, dem Ingenieur bereits in der Konstruktionsphase ein entsprechendes Werkzeug zur Verfügung zu stellen, daß ihn in seinen wissenschaftlichen Entscheidungen wesentlich unterstützt. Dazu überträgt man die grundlegenden Entscheidungen aus der Phase der Prototypen auf die virtuelle Ebene. Das Ergebnis dieses Komplexes ist die Optimierung der vorhandenen Konstruktion in Bezug auf Festigkeit, Sicherheit und Massereduzierung (Bild 2).

Im ersten Schritt erfolgt die Simulation des dynamischen Verhaltens des Gesamtsystems bei Aufbringung der äußeren Last-Zeit-Funktionen. Dazu benutzt man die bereits vorhandenen CAD-Modelle, die heute fast ausschließlich 3-dimensional erstellt werden, und generiert daraus FEM- und MKS-Modelle. Die entsprechenden Resultate der Dynamiksimulation dienen als Eingabegröße für alle weiteren Spannungs- und Betriebsfestigkeitsanalysen. Somit kann sehr früh innerhalb des Konstruktionsprozesses Einfluß genommen und die praktische Erprobung auf ein notwendiges Minimum reduziert werden.

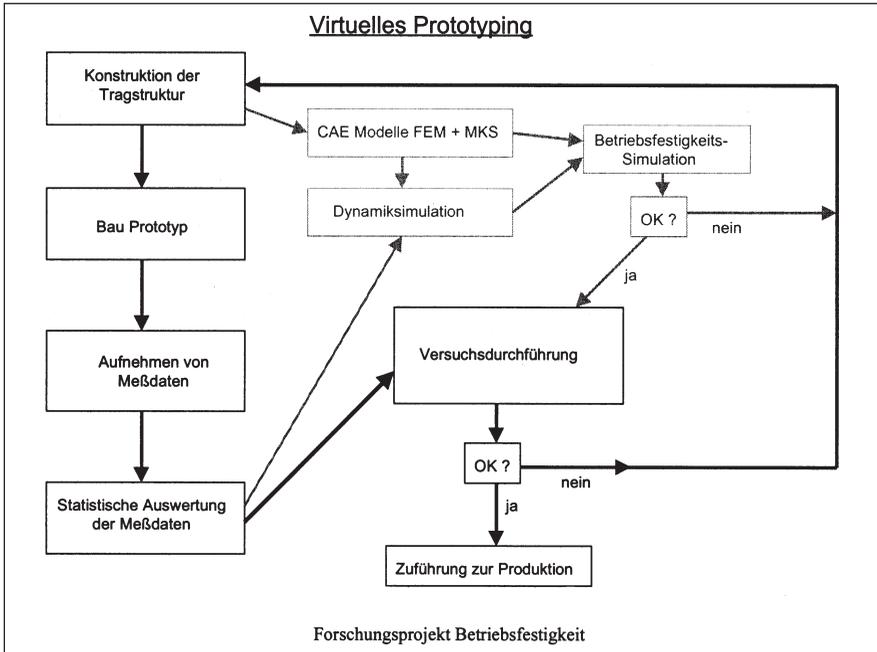


Bild 2: Einsatz der Methode des Virtuelles Prototyping

Die Finite Element Berechnung wurde mit dem Programmen „IDEAS“ sowie „Nastran for Windows“ durchgeführt und die Ergebnisse in „FEMFAT“ bzw. „Win-life“ übertragen. Das dynamische Verhalten wird mit dem vom IfM e.V. eigenständig entwickeltem MKS-Programm „alaska“ simuliert. Alle Modelle wurden vollparametrisiert, so daß jederzeit die entsprechenden Eingabegrößen variiert werden können.

Grundlage für alle Simulationen sind die entsprechend aufgebrachten Belastungs-Zeit-Verläufe, die Erregerfunktionen. Diese wurden in zahlreichen Fahrversuchen ermittelt, klassiert und katalogisiert. Sie dienen als Eingabegrößen aller Modellbetrachtungen sowie zu deren Validierung gegenüber der Realität und zur Fehlererfassung. Somit ist ein direkter Datenaustausch vom Erfassen der Belastungen, der Dynamiksimulation sowie der Betriebsfestigkeitsanalyse notwendig.

Mit Hilfe der gewonnenen Erregerfunktionen, die als Kraft-Zeit- bzw. Beschleunigungs-Zeit-Funktionen an den jeweiligen Radnaben vorliegen müssen, können die entsprechenden Antworten als Belastungs-Zeit-Funktionen an den vorgesehenen Knotenpunkten der einzelnen Bauteile simuliert werden.

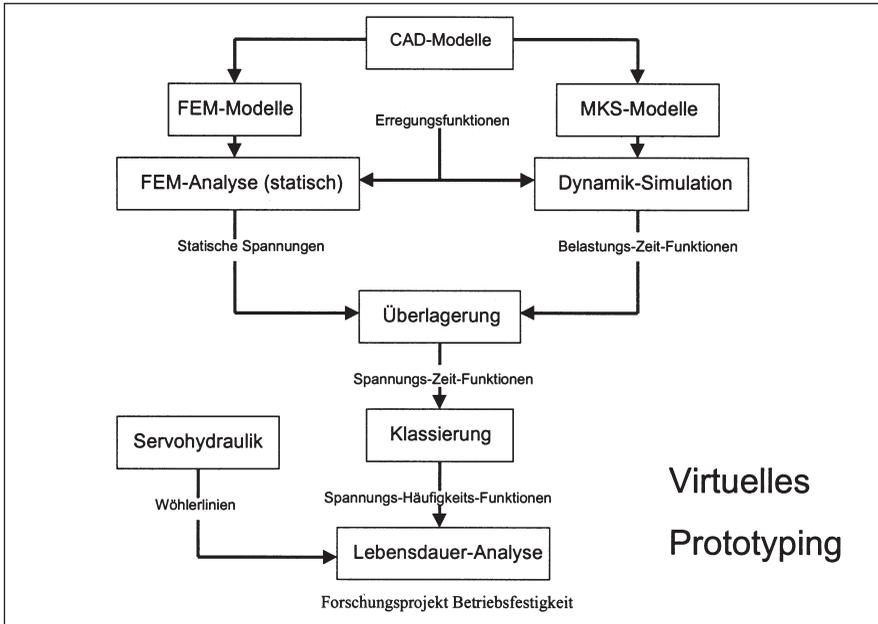


Bild 3: Virtuelles Prototyping

Für die erste statische FEM-Analyse werden nur die maximal auftretenden Kräfte und Belastungen betrachtet. Im Ergebnis erhält man Betrag und Ort der größten statischen Spannungen. Überlagert man beide Ergebnisse und bezieht dabei auch das dynamische Eigenverhalten der Struktur mit ein, erhält man Spannungs-Zeit-Funktionen und nach dessen Klassierung Spannungs-Häufigkeits-Funktionen. Über den servohydraulischen Prüfstand wurden im Hause MZ zahlreiche bauteil-spezifische Wöhlerlinien ermittelt. Diese Ergebnisse liegen in speziellen Datenbanken vor und werden kontinuierlich ausgebaut. Die abschließende Lebensdaueranalyse gibt hinreichend genaue Ergebnisse über das Versagen der entsprechenden Bauteile und der gesamten Struktur. An dieser Stelle muß jedoch angefügt werden, daß jede theoretische Lebensdaueraussage fehlerbehaftet und somit falsch ist, da nicht alle Einflußgrößen der Betriebsfestigkeit erfaßt werden können. Als Beispiel soll hier der Einfluß einer Schweißverbindung angeführt werden. Kennt man jedoch die Größe des Fehlers, besitzen diese Ergebnisse wiederum eine enorme Wichtigkeit und können in der Praxis angewendet werden.

Die Basis aller durchgeführten Untersuchungen und somit zum Finden dieser Methodik bilden zwei vorhandene Referenzfahrzeuge mit unterschiedlichen Einsatzbereichen und Fahreigenschaften, die MZ Skorpion Tour als Straßenfahrzeug und die MZ Baghira für den Offroadbereich. Beide Fahrzeuge wurden in einzelne Baugruppen zerlegt. Bild 4 zeigt dies am Beispiel der MZ Skorpion.

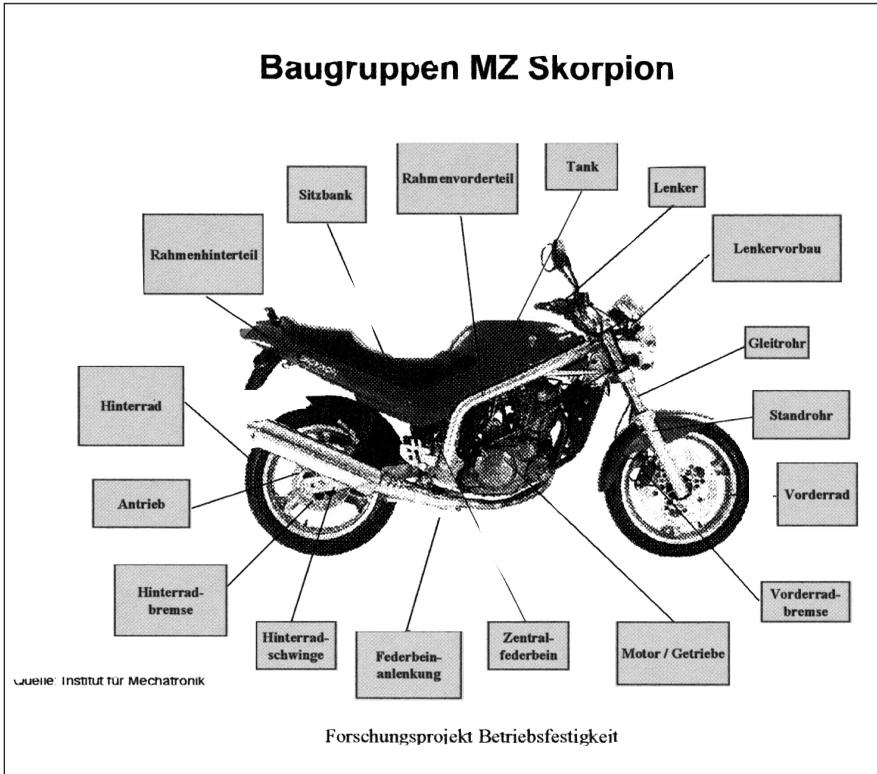


Bild 4: Referenzfahrzeug MZ Skorpion Tour

Im wesentlichen wird das Fahrverhalten des Motorrads von den elastischen und dynamischen Eigenschaften der einzelnen Elemente bestimmt. Dazu beschränkt man sich innerhalb der Tragstruktur auf die Baugruppen Rahmen, Rahmenheck, Telegabel, Lenker und Schwinge und deren Anbauteile.

Für die dynamische Simulation werden neben den Geometriedaten der Baugruppen weiterhin die Eingabegrößen Masse m , Schwerpunkt (x, y, z) und der Trägheitssensor T sowie deren Steifigkeitsmatrix benötigt. Für einzelne Bauteile/Baugruppen erhält man die Ergebnisse aus der 3-d-Modellierung im CAD. Für das komplexe System Motorrad-Fahrer, einschließlich aller Kühl- und Schmiermedien, bedient man sich der meßtechnischen Erfassung der Kenngrößen.

Bild 5 zeigt einen einfachen Meßaufbau zur Bestimmung der Trägheitsellipse des Gesamtsystems Motorrad-Fahrer.

Pendeln um B-Achse



Gesamtsystem
Motorrad-Fahrer

Forschungsprojekt Betriebsfestigkeit

Bild 5: Meßaufbau zur Bestimmung der Trägheitsellipse

Dabei wird Fahrzeug nebst Fahrer in einem eigens dafür vorgesehenen Hilfsrahmen um die jeweilige Achsen im Raum gependelt. Der Hilfsrahmen ist dabei auf Schneiden gelagert und wird ca. $5-7^\circ$ ausgelenkt. Die Reibung ist dabei auf ein Minimum zu reduzieren. Mit der dadurch ermittelten Pendelzeit, der Masse m des System und des Schwerpunktes S läßt sich mit einfachen Algorithmen die Trägheitsellipse bestimmen.

3. Bestimmung der Erregerfunktionen

Zur Aufnahme geeigneter Meßgrößen wurden umfangreiche Fahrversuche auf befestigter und unbefestigter Straße durchgeführt. Darin waren spezielle Fahrmanöver wie z.B. Vollbremsung, Fahren auf dem Hinterrad/Vorderrad, etc. sowie das Überfahren von mathematisch definierbaren Bodenprofilen mit und ohne Sozius integriert. Als Ziel dieser Untersuchung wurden folgendes definiert:

- (1) Validierung der Virtuellen Modelle
- (2) Erstellen von Lastkollektiven (Lebensdauerlinie bzw. Gaßnerlinie)
- (3) Schaffung eines Fahrbahnkatalogs zur Simulation auf dem Prüfstand

3.1 Das Meßsystem

Als Meßgrößen eignen sich im Besonderen Beschleunigungs-Zeit- sowie Belastungs-Zeit-Funktionen. Das Referenzfahrzeug Skorpion einschließlich Fahrer wurde dazu mit dem Meßsystem MicroPro™ der Firma Nicolet ausgerüstet. Dieses System kann mit bis zu sechs unterschiedlichen Verstärkern bestückt werden. Jedes Verstärkermodul besitzt mehrere Eingangskanäle und wird in einem Slot des Grundsystems befestigt. Über die zugehörige Software wird automatisch die jeweilige Konfiguration ermittelt und die Module mit ihren Kanälen angezeigt. Eine Beschreibung der gewählten Konfiguration gibt Tabelle 1:

Modul	Anzahl der Kanäle	Funktion
DC-Verstärker	8	Kapazitiver Beschleunigungsaufnehmer, Triggerung
Vollbrückenverstärker	8	Belastungen über DMS
Halbbrückenverstärker	8	Belastungen über DMS
ICP-Verstärker	6	Piezoelektrischer Beschleunigungsaufnehmer
Digital-Eingangsmodul	48	Geschwindigkeit, Drehzahl

Tabelle 1: Konfiguration des Meßsystems

Auf Grund der sehr großen Datenmenge wurde die Datenspeicherung auf Festplatte mit Laptop bevorzugt, welches zusammen mit dem Meßsystem in den Seitenkoffern untergebracht ist.

Weiter Leistungsparameter des MicroPro™ sind:

Auflösung	12 bit
Meßfrequenz	100 k Samples/Summe
Spannungsversorgung	12 V DC
Datenübertragung	RS 422-Daten-Transmitter (PCMCIA)
System-Setup	RS 232
Datenspeicherung	4 MB Speichermodul oder Festplatte

Tabelle 2: Weitere Leistungsparameter

Die Meßstellen am Motorrad sind so gewählt, daß die Bewegung wichtiger Bauteile in bestimmten Fahrsituationen über Beschleunigungssensoren erfaßt und mit den Simulationsmodellen verglichen werden kann.

Meßmotorrad MZ Skorpion Tour einschließlich Fahrer



Forschungsprojekt Betriebsfestigkeit

Bild 6: Meßmotorrad einschließlich Fahrer

Einen weiteren Abgleich kann mit den Belastungs-Zeit-Funktionen aus den Messungen der Dehnungsmeßstreifen erfolgen.

Eine Aufstellung der einzelnen Meßstellen zeigt Tabelle 3.

Belastungs-Zeit-Funktion			Beschleunigungs-Zeit-Funktion	
Belastung	Meßgröße	Meßstelle	Meßstelle	Meßrichtung
Radlast vorn	Kraft	Addition der Biegemomente an der Telegabel unterhalb der Gabelbrücke	Kopf-Fahrer	X, Z
Radlast hinten	Kraft	Addition der Biegemomente an den Schwingarmen	Schulter-Fahrer	X, Z
Kettenzugkräfte	Kraft	Rechter und linker Schwingarm	Hand- Fahrer	X, Z
Rahmenheck	Zug/Druck-Spannung	Stützstrebe Rahmenheck	Hüfte- Fahrer	X, Z
Querrohr Federbein	Torsions-spannung	Querrohr Federbein	Obere Gabelbrücke	X, Z
Rahmen-hauptrohr	Zug/Druck-Spannung	Oben/unten am Steuerkopf	Radnabe vorn	Z
Rahmen-stützrohr	Zug/Druck-Spannung	Zug-/Druck-Spannung	Radnabe hinten	Z
			Schwingen-drehpunkt	Z

Tabelle 3: Meßstellen Fahrer-Fahrzeug

3.2 Validierung der Virtuellen Modelle

Zur Validierung der Modelle bezieht man sich auf einfach mathematisch definierbare Bodenprofile. Somit wurden die Beschleunigungen an verschiedenen Meßpunkten der Tragstruktur beim Überfahren von

- Positiver Sinuswelle
- Negativer Sinuswelle
- Positive Rechteckstufe
- Negative Rechteckstufe

aufgenommen.

Bild 7 zeigt den Kraft-Zeit-Verlauf beim Überfahren eines dieser Hindernisse.

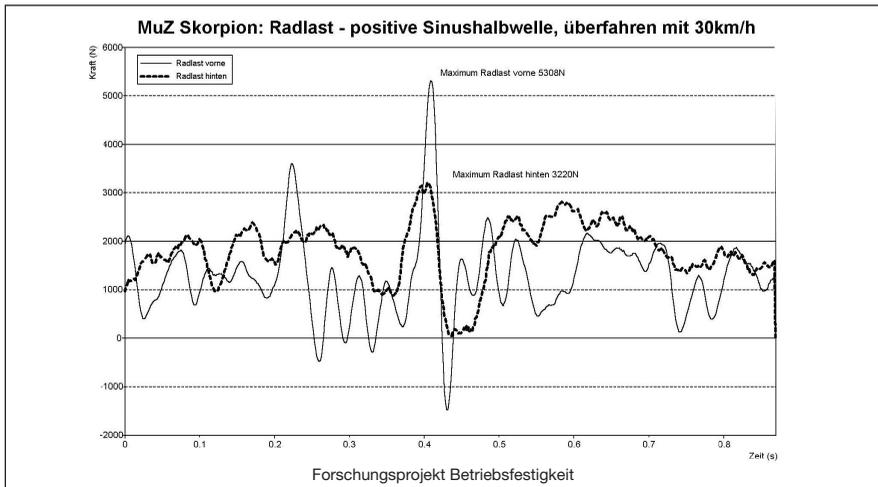


Bild 7: Radlasten-positive Sinuswelle

Weiterhin wurde das dynamische Eigenverhalten des Gesamtfahrzeuges betrachtet. Dazu wurde meßtechnisch eine Modalanalyse durchgeführt. Die ermittelten Eigenfrequenzen und Eigenschwingformen dienen zum direkten Vergleich mit den virtuellen Modellen. Um den Einfluß der Reifen als nichtlineares Feder-Dämpferglied auszuschließen, wurde das Gesamtfahrzeug mittels Federn aufgehängt (Bild 8).

Die Anregung des Systems erfolgt dabei mit weißem Rauschen über einen Shaker am Hauptrahmen. Im Bild 9 enthält die Eigenfrequenzen des Modelles Baghria.



Durchführung der Modalanalysen

Bestimmung der Übertragungsfunktion

Ermittlung der Eigenfrequenzen
mit Eigenschwingformen

Forschungsprojekt Betriebsfestigkeit

Bild 8: Meßaufbau Modalanalyse

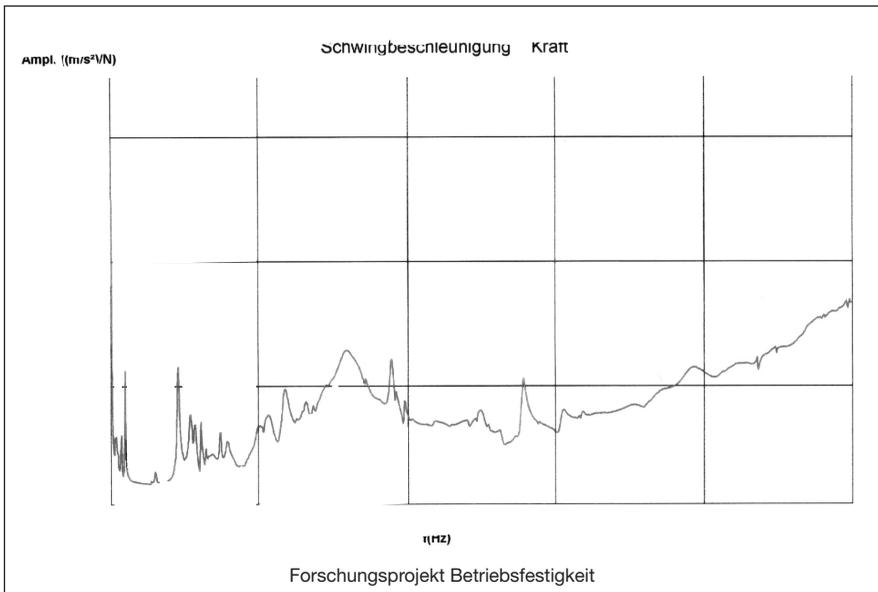


Bild 9: Übertragungsfunktion Modell Baghira

3.3. Erstellung der Lastkollektive

Zur Erstellung der Lastkollektive wurden folgende Streckenabschnitte überfahren:

- Landstraße
- Schlechtwegstrecke
- Stadtfahrt
- Bundesautobahn
- Plattenautobahn
- Rennstrecke (Sachsenring, Most)

Es wurde versucht, auch partielle Unebenheiten wie Schlaglöcher, Schienen und Bordsteinkanten in die Belastungen mit einzubeziehen. Hier zeigt es sich, daß diese Hindernisse einen enormen Einfluß besitzen. Der Vergleich der Extremwerte bringt jedoch kein befriedigendes Ergebnis. Die dynamischen Radlasten sind stark von der statischen Radlast abhängig. Die Kräfte an Vorder- und Hinterachse steigen im Mittelwert und Maximum mit steigender statischer Last.

Um extreme Belastungen durchzuführen ist es nicht notwendig, aufwendige Tests auf einer Rennstrecke durchzuführen. Eine Versuchsfahrt mit Fahrer und Sozius auf sehr unebener Fahrbahn mit hoher Geschwindigkeit führt zu extremeren Meßergebnissen. Ein entscheidender Nachteil ist jedoch die Reproduzierbarkeit und die Häufigkeit der auftretenden Extremwerte. Hier muß eine separate Versuchsstrecke bzw. Rennstrecke bevorzugt werden.

In einem weiterführendem Versuch wurden die Fahrbahnprofile mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten überfahren. Es zeigt sich, daß dabei sehr hohe Belastungen auftreten, die mit den Extremwerten auf der Straße verglichen werden können.

3.4 Schaffung eines Fahrbahnkataloges zur Prüfstandssimulation

Die Erfassung des Fahrbahnprofils erfolgt über einen Beschleunigungssensor an der Radnabe des Vorderrades. Es wurden Streckenabschnitte unterschiedlicher Oberflächenqualität aufgenommen und katalogisiert. Durch die Ermittlung der Übertragungsfunktion zwischen Wegerregung der Fahrbahn und Beschleunigungsantwort an der Radnabe kann das jeweilige Fahrbahnprofil errechnet werden.

Der Vergleich erfolgt über die spektrale Leistungsdichte Φ , die im doppeltlogarithmischen Diagramm eine Gerade ergibt. Die Höhenlage gibt die Unebenheit und die Steigung die Welligkeit der Fahrbahn an.

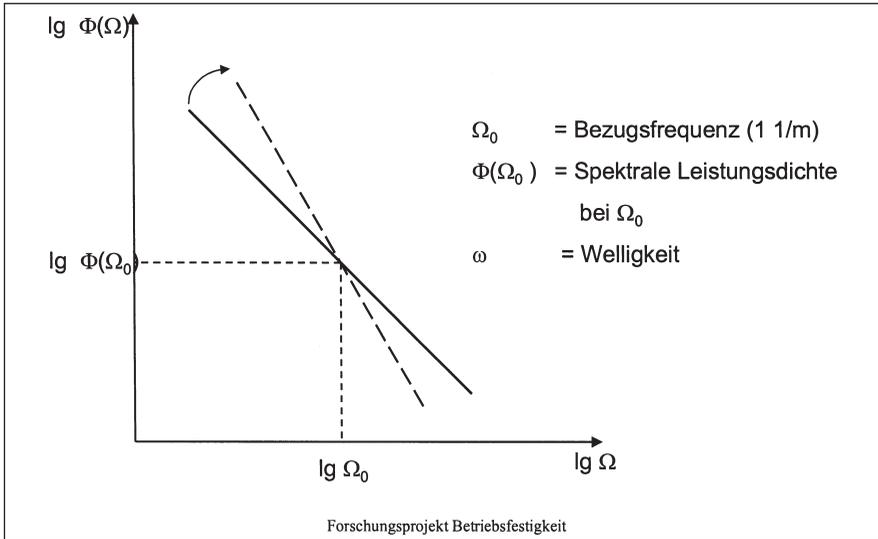


Bild 10: Spektrale Leistungsdichte

Es gilt: Je größer $\Phi(\Omega_0)$, desto unebener ist die Fahrbahn.
 Je größer ω , desto langwelliger ist die Fahrbahn.

Der prinzipielle funktionelle Zusammenhang lautet:

$$\Phi(\Omega) = \Phi(\Omega_0) \left(\frac{\Omega}{\Omega_0} \right)^{-\omega}$$

Die spektrale Leistungsdichte an der Bezugsfrequenz und die Welligkeit sind ausreichende Bewertungsgrößen für eine regellose Fahrbahnunebenheit. Dabei kann die Darstellung weg- oder zeitabhängig erfolgen.

4. Dynamiksimulation

Eine Eignung der Simulationsmodelle wird im wesentlichen durch die Genauigkeit der Eigenschaften und Zusammenhänge zur realen Welt bestimmt. Dadurch ist es zwingend notwendig, eine umfangreiche Validierung an Hand von zahlreichen Versuchen durchzuführen.

Die MKS-Modelle der beiden Referenzfahrzeuge wurden am IfM mit folgender unterschiedlicher Kinematik und Modellierungstiefe erstellt:

- Einfaches Starrkörpermodell (simple rigid –SR)
- Komplexes Starrkörpermodell (complex rigid –CR)
- Komplexes Starrkörpermodell mit elastischen Baugruppen (tuned elastic –TE)

Die Einbindung des Fahrers ins Modell erfolgte mit dem biomechanischen 3D MKS-Menschmodell von alaska, um den Einfluß des Fahrers bei den entsprechenden Fahrmanövern zu berücksichtigen.

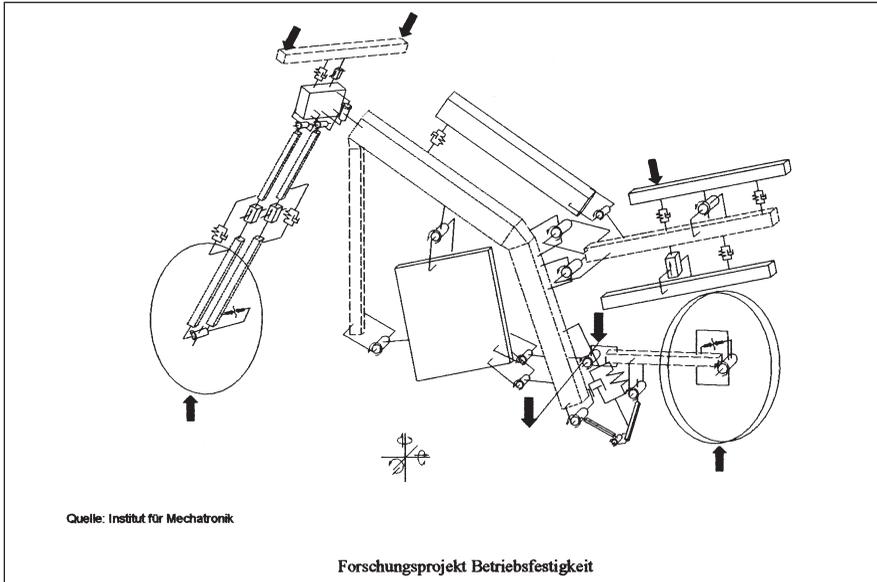


Bild 11: Kinematik des Modell TE

Bild 11 zeigt die Kinematik des Referenzfahrzeuges in der Modellierungstiefe TE. Die einzelnen Elemente sind in definierten Knotenpunkten verbunden. Dazu wurden jeweilige Koordinatensystem eingeführt, um den Baugruppen ihre dynamischen Eigenschaften zuweisen zu können.

Weiterhin ist es erforderlich, die aus den FEM-Analysen gewonnen Steifigkeitsmatrizen innerhalb der MKS-Modelle einzubinden. Dazu wurde am IfM eigens dafür ein spezieller Adaptionalgorithmus programmiert, indem man ausgewählte Masterknoten definiert und dessen Ergebnisse ins MKS-Modell einließt.

Innerhalb der Modellierung wurden die Versuchsergebnisse mit den Ergebnissen der einzelnen Simulationen verglichen und im Ergebnis die Modell der Praxis angepaßt. Dazu war es ferner notwendig, den servohydraulischen Prüfstand innerhalb

der Simulation einzubinden. Diese Untersuchungen wurden somit realitätsgetreu und virtuell durchgeführt, eine heute nicht sehr weit verbreitete Untersuchung der Tragstruktur. Die Ergebnisse im direkten Vergleich brachten sehr gute Übereinstimmung der Eigenfrequenzen.

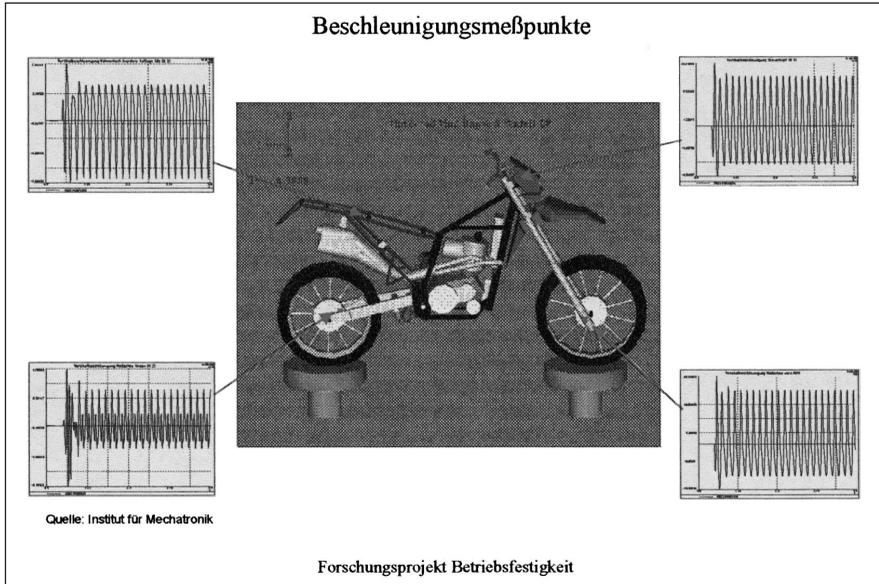


Bild 12: Antwortfunktionen der Simulation

Die Erregung basiert über die beiden einzeln angesteuerten Hydraulikzylinder. Dabei fungiert der Zylinder am Vorderrad als Master und am Hinterrad als Slave. Über den Radstand und die vorgegebene Geschwindigkeit läßt sich die Phasenverschiebung der Erregerfunktion ermitteln und am Prüfstand umsetzen. Die Antwortfunktionen werden einerseits meßtechnisch erfaßt und andererseits innerhalb der Simulation ausgegeben und verglichen. Diese Untersuchung läßt sich für zahlreiche Erregungen, Fahrbahnprofile und Geschwindigkeiten durchführen.

Im Ergebnis des Projektes ist es möglich, jegliche Fahrbahnprofile, die als Weg- oder Beschleunigungs-Zeit-Funktion an den Radaufstandspunkten vorliegen, zu simulieren.

Integriert sind dabei auch Fahrmanöver, die mit der vorhandene Meßtechnik wesentlich schwerer bzw. kaum zu erfassen sind. Dazu zählt unter anderem ein Sprung im Gelände mit dem Offroadmotorrad Baghira. Die Belastungen von Maschine und Fahrer können mit den bisher durchgeführten Test nicht simuliert werden.

Mit Hilfe von Videoaufzeichnungen ist es jedoch möglich, eine Objektverfolgung im Raum vorzunehmen. Die dazu notwendige Untersuchung wurde auf der haus-eigenen Teststrecke durchgeführt. Dabei erreicht der Fahrer beim Sprung im Ge-lände eine Weite von ca. 20 Metern. Die Bewegungsabläufe wurden dabei mit einer Normalvideokamera sowie mit einer High-Speed-Kamera mit 500 Bildern/sec auf-gezeichnet.



Forschungsprojekt Betriebsfestigkeit

Bild 13: Fahrer/Fahrzeug beim Fahrmanöver „Sprung im Gelände“

Schwinggabel Enduro – Sprung (Biegespannungen am Schwingenarm)

Forschungsprojekt Betriebsfestigkeit

Bild 14: Radlasten und Spannungen während Sprungversuches

Zur besseren Bewegungsverfolgung wurde Fahrer und Fahrzeug mit weißen Markern beklebt. Die 3-D-Koordinaten der Marker werden mit der Software Win Analyse ausgewertet. In einem weiteren Schritt wurden die inverse Kinematik der Bewegungsabläufe in alaska integriert und die Simulation durchgeführt. Die Sprungversuche wurden später wiederholt und an ausgewählten Stellen die Antwortfunktionen aufgezeichnet. Im Vergleich der Ergebnisse wurden ein Abweichung von ca. 5% erreicht. Im Bild 14 sind die Radlasten sowie die Biegespannung an der Hinterradschwinge Baghira dargestellt.

5. Lebensdaueranalyse

Die Aussagen zur Lebensdauer sollen hier an Hand einzelner Baugruppen dargestellt werden. Die Untersuchungen erfolgten für einachsige und mehrachsige Belastungen nach dem Nennspannungskonzept sowie nach dem Örtliche Konzept. Das Nennspannungskonzept wurde im ersten Schritt des Projektes bevorzugt angewendet. Auf das Örtliche Konzept soll im Rahmen dieses Vortrages nicht näher eingegangen werden.

Die Analysen wurden mit der Software FEMFAT, Winlife, Leben2000 und einer eigenen Software der Fachhochschule Zwickau durchgeführt, miteinander verglichen und bewertet. Somit können die Abweichungen der einzelnen Programme und deren spezielle Anwendungsbereiche abgeschätzt werden.

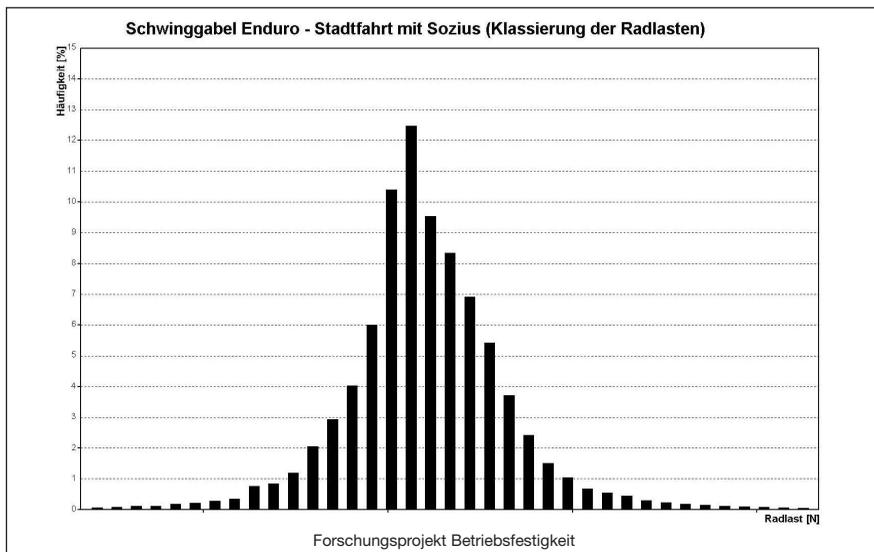


Bild 15: Spannungs-Häufigkeits-Funktion

Als Eingabegröße wird die Spannungszeitfunktion der FE-Analyse in entsprechender Überlagerung mit den Kraft-Zeit-Verläufen aus der Simulation verwendet. Als Ergebnis erhalten wir die Spannungshäufigkeitsfunktionen.

Da zu diesem Zeitpunkt die entsprechenden bauteilspezifischen Wöhlerlinien noch nicht vorlagen, wurden synthetische Wöhlerlinien unter Einfluß des Werkstoffverhaltens und des Beanspruchungsart berechnet und angewendet. Die Ausfallwahrscheinlichkeit betrug je nach Baugruppe 50 bzw. 99%.

Bei der Lebensdauerberechnung wurden vorwiegend die drei Verfahren Miner elementar, Miner modifiziert und Miner elementar verwendet.

Durch die entsprechenden Spannungsbewertungen wurde die Schadensakkumulation durchgeführt und der Schädigungsfaktor errechnet werden. Durch Dauertests auf der Servohydraulischen Prüfanlage wurden diese Ergebnisse hinreichend bestätigt.

Bild 16 zeigt den Spannungsverlauf und Bild 17 den Schädigungsfaktor der Schwinge.

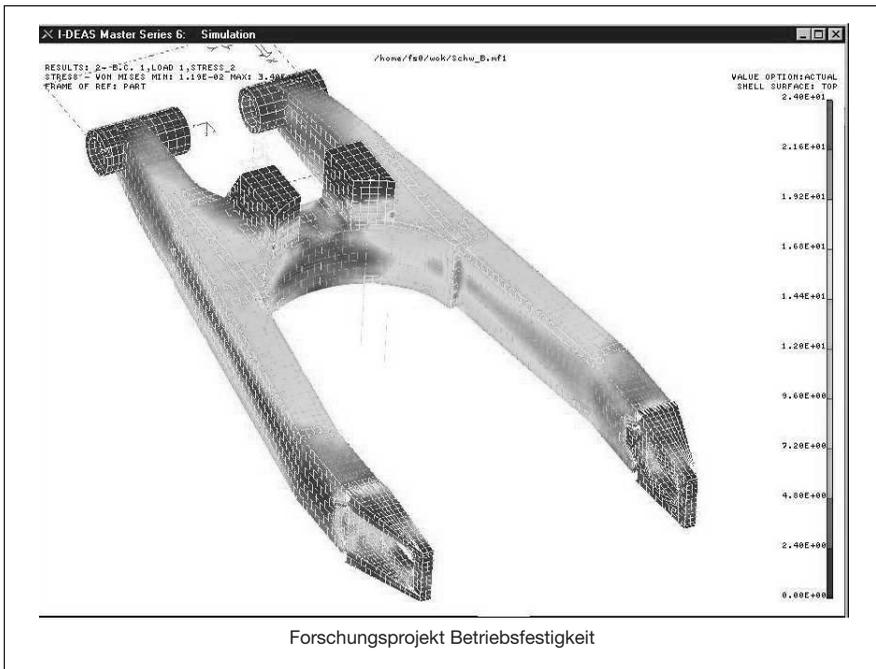


Bild 16: Vergleichspannung von Mises

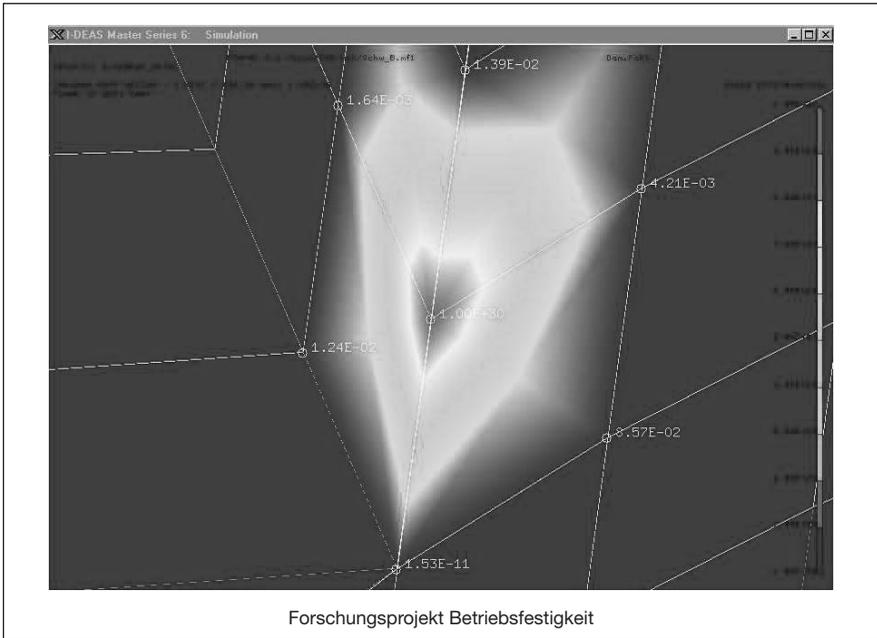


Bild 17: Schädigungsfaktor Schwinge Baghira

6. Animationen



Bild 18: Videoaufnahmen mit Standartkamera



Bild 19: Videoaufnahmen mit High-Speed-Kamera



Bild 20: Sprungsimulation

Langzeit-Bremssystem für Zweiradfahrzeuge

Longterm brake system for motorcycles

Arnold Wagner

Preaves Ecomobilfabrik
Switzerland

Abstract

Progress towards the long-life brake system for 2-wheelers, with automatic brake force distribution, ABS and brake components lasting a vehicle service life is being presented as having been developed, make a homologation and made it commercially available in the PERAVES SUPER-TURBO-ECO.

Das Papier präsentiert die Fortschritte bei der Entwicklung eines Langzeitbrems-systems für Zweiräder mit automatischer Bremsdruckverteilung, ABS und Brems-komponenten, die ein komplettes Service-Intervalleben überdauern. Die PERAVES SUPER-TURBO-ECO entwickelte, homologierte und machte den kommerziellen Verkauf möglich.

Einleitung

Im Gegensatz zum PKW mit heute weitgehend gleichartigen, hydraulischen Zweikreis-Servo-ABS-Scheibenbremsanlagen hat sich beim Motorrad zwar ebenfalls die hydraulische Scheibenbremse durchgesetzt. Die Mehrzahl der Motorradhersteller verzichtet aber auf die heutigen technischen Möglichkeiten der Regelung, weil sowohl behördliche als auch verkaufsseitige Anforderungen (noch!) mit einfachen, unregulierten Anlagen erfüllt werden können und die Motorradfahrerinnen den Regelsystemen eher ablehnend begegnen. Wer, wie der Autor, den Werdegang der Regelsysteme in der Luftfahrt, vom mechanischen Maxaret zum 16-wheel-quadruple-servo-antiskid, den ABS-Durchbruch beim PKW und schließlich die Entwicklung von Zweirad-Bremsregelsystemen selbst mit-erlebt und -gestaltet hat, weiß, dass die Tage unregelter Zweiradbremsen gezählt sind. Das Langzeit-Bremssystem für Zweiradfahrzeuge ist, wie in der Folge dargestellt, eine geregelte, einfach bedienbare, kreisausfallgesicherte und hochwirksame Bremsanlage.

Anforderungen

an Motorradbremsen lassen sich einerseits anhand behördlicher Vorschriften, hier im wesentlichen der Richtlinie 93/14/EWG Klasse 3 zusammenfassen. Es werden für die Prüfungen eine Ausgangsgeschwindigkeit von lediglich 60 km/h verlangt, und minimale Verzögerungen von 4,4 m/sec² der Vorderradbremse, 2,9 m/sec² der Hinterradbremse und 5,1 m/sec² bei Kombibremssystemen vorgeschrieben. 80% dieser Werte müssen nach 10 aufeinanderfolgenden Bremsungen von 60 auf 30 km/h mit der derart erhitzten Anlage erreicht werden. Die Werte sind, im Vergleich zum heute Möglichen, mit Ausnahme der Heissbremsung, bescheiden und von unterdimensionierten Bremsen erreichbar. Dabei darf eine Kraft von 200 N bei Hand- und 350 N bei Fuss-Betätigung nicht überschritten werden.

Fahrzeughersteller geben ihren Konstrukteuren andererseits Vorgaben, welche den Stand der Technik berücksichtigen und entsprechend aufwendigere Anlagen bedingen. Allerdings dringt wenig aus den Entwicklungsabteilungen, und die Suche nach Publikationen solcher Pflichtenhefte im Vorfeld dieses Vortrags ist ergebnislos verlaufen. Daher wird in der Folge der Werdegang unserer ECO-MOBILE-Bremsanlagen dargestellt. Seit 1982 haben wir eigene Anforderungen sukzessive den technischen Möglichkeiten nachgeführt und damit implizite den Stand der Technik laufend vorgetrieben. Durch die doppelte Masse, zufolge der Aerodynamik hohen Geschwindigkeiten und die von ursprünglich 66 kW auf nunmehr 140 kW gestiegene Antriebsleistung muss eine mehr als doppelt so hohe Bremsleistung, im Vergleich zum herkömmlichen Motorrad, beim ECO verkraftet werden.

Wichtigstes **AUSLEGUNGSKRITERIUM** der Bremse ist das im Vergleich zum Antriebsmoment M_a erreichbare **Bremsmoment M_b** der Räder, konstruktiv durch die Anzahl der Scheiben, deren Durchmesser, den Anpressdruck der Beläge sowie den Reibwert dieser auf den Scheibenringen bestimmt. Das Antriebsmoment M_a wiederum hängt vom wirksamen Reifenradius, von den dynamischen Belastungen sowie vom Reibwert der Reifen auf der Fahrbahn ab. Zweckmässigerweise wird das Verhältnis M_b/M_a bei maximalen Radlasten für die gesamte Bremsanlage in Prozenten angegeben, wobei 100% einer Verzögerung von $9,81 \text{ m/sec}^2$ entsprechen. In der Luftfahrt wird dieses Verhältnis als <BRAKE CAPABILITY> (BC) bezeichnet, wir nennen es **Bremsdimensionierung BD**. Werte unter 100 bezeichnen eine Unter- (UBD), über 100 eine Überdimensionierung (ÜBD) der Bremsen und geben zudem die maximale Verzögerung, bezogen auf 1 g , an. Dabei wird an Hebel bzw. Pedal die höchste zulässige Kraft, 200 bzw. 350 N, aufgebracht.

93/14	BMW K	BMW K	ECO	ECO	ECO	ECOVV	ECO12	ECO	ECO
EWG	100/84	ABS1	K5-85	90-4KZ	VVB	ABS 1	ABS 2	MONO	SICOM
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[8]	[9]	[10]	[11]
51%	90%	80%	75%	105%	110%	100%	120%	150%	215%

Tabelle 1: Bremsdimensionierungen

Tabelle 1 zeigt eine kontinuierliche Entwicklung von den behördlichen Minimalforderungen zur stark überdimensionierten SICOM-Anlage. Unterdimensionierte Bremsen finden sich heute noch bei einigen Choppern und Cruisern und haben den Vorteil, Überbremsungen mangels Wirkung ziemlich zuverlässig zu verhindern, unter Inkaufnahme langer Bremswege.

Interessant ist, dass bei der K100 mit der Einführung des ABS 1 die Bremswirkung zufolge der langen Leitungen, der schwierigen Entlüftung und der an sich schon schwachbrüstigen 2-Kolbenzangen soweit abfiel, dass auf trockener Strasse das ABS gar nicht in den Regelbereich gebracht werden konnte. Zudem verursachte das schwache Zupacken eine sehr tiefe, als unangenehm empfundene Regel-frequenz, wenn das ABS tatsächlich bei geringeren Reibwerten einmal ansprach. Die Kaufleute bei BMW, die aus Kostengründen den Übergang zu 4-Kolbenzangen bis zur K 1 verhinderten, haben dem ABS 1 einen schlechten Ruf und eine nur marginale Akzeptanz eingebrockt, unter welchem das Motorrad-ABS bis heute zu leiden hat. Dass das System mehr kann und sehr zuverlässig und schneller regelt, hat das ABS 1 in Kombination mit unserer Vollverbundbremse seit 1992 über mehrere Millionen km ganzzährig erfolgreich bewiesen.

Obwohl konventionelle Supersport-Motorräder vorne auch ÜBD-Bremsanlagen haben, macht die ÜBD nur im Zusammenhang mit einer Regelung Sinn. Ohne solche ist die Sturzgefahr wegen Vorderradblockierungen hoch, und bei Gefahr der Kreuzigung durch die vielen Anbieter deswegen wirksam propagabler Sicherheitstrainings hält der Autor fest, dass man die Einführung zeitgemäßer Bremsregelungen mit entsprechender Unfallreduktion am besten damit beschleunigen könnte, wenn die Protagonisten unregelter Bremsen an jedem Regentag damit auf der Autobahn zu 5 Vollbremsungen aus 250 km/h verdonnert würden.

Im Zusammenhang mit der Bremsendimensionierung steht die **Brems-Dauerleistung**, welche das System ohne Überhitzungserscheinungen erträgt. Die 10-malige Abbremsung von 60 auf 30 km/h ergibt bei unseren Fahrzeugen eine mittlere Leistung von ~35 kW im Bremsvorgang, was bei einem Verhältnis von 2:1 Beschleunigung/Bremsung also etwa 12 kW, dh. **4 kW pro Scheibe** entspricht. Wegen des geringen Staudrucks ist die Kühlung noch gering, und bei Fahrten auf der Rennstrecke erreichen wir wegen der höheren Geschwindigkeit zwar bis zu 200 kW pro Vorgang, die sich aber auf 10% der Rundenzeit verteilen und somit durchschnittlich auch nur 20 kW, also knapp 7kW pro Scheibe ergeben.

Bei einem Stop aus Höchstgeschwindigkeit fallen Spitzenwerte entsprechend der 2–3fachen Antriebsleistung, also beim SUPER-TURBO-ECO 400 kW an. Nach unserer Erfahrung genügt die Auslegung wärmetechnisch immer, wenn auf unserer Prüf-Rennstrecke (Masaryk-Ring CZ) im Dauerbetrieb kein Wärmeversagen auftritt.

Betriebsverhalten, Lebensdauer, Instandhaltung und Aufwand werden im Zusammenhang mit der konstruktiven Durchbildung der Bremsanlagen behandelt.

Testfahrzeug-Bremsanlagen Seit 1991 wird im ECOMOBILE die Vollverbundbremse (VVB) verwendet. Sie wird durch das Pedal rechts betätigt und regelt selbsttätig die Druckverteilung vorne-hinten. Die Handbremse wird nur im Panneneinfall (Kreisausfall hinten) gebraucht. In Kombination mit dem ABS 1 oder ABS 2 ergibt sich eine Doppel-Regelung, indem einerseits die richtige Blockier-Reihenfolge (hinten früher als vorn) dem VVB und der Blockierschutz dem ABS zugeordnet sind. Für konventionelle Motorräder kann die Betätigung des Hauptsystems auch der Handbremse zugeordnet sein wie auch für handbediente Behinderten-ECOs, z.B. für Paraplegiker. Im Rennbetrieb wird für hohe Verzögerungen zusätzlich eine Druckbegrenzung der Hinterbremse vorgeschaltet, und die Verwendung eines Vakuum-Servos ist möglich.

Die Vollverbundbremse erhält durch Pedalbetätigung Druck im hinteren Bremskreis, der sich direkt durch den Unterteil des Koppelventils zur hinteren Bremszange fortsetzt und gleichzeitig das Nadelventil im Koppelventil über eine Bypassleitung schließt. Eine weitere Bohrung beaufschlagt den Trennkolben von unten.

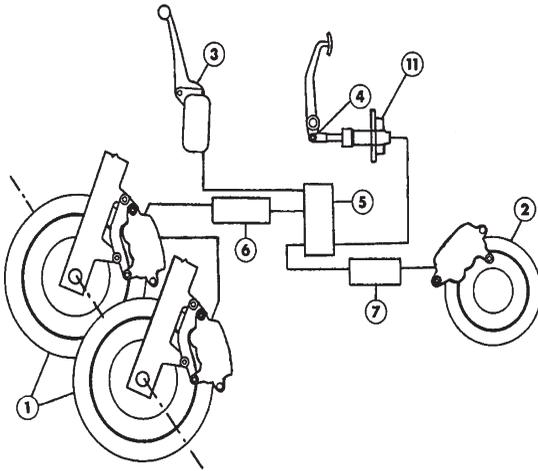


Fig. 2: Schema Vollverbundbremse mit ABS

- 1 Bremsscheiben vorne mit Zangen
- 2 Bremsscheibe hinten mit Zange
- 3 Handbremshebel/ Zylinder
- 4 Fussbremszylinder (ggf. mit Vakuumservo 11)
- 5 Koppelventil
- 6 ABS-Servo vorne
- 7 ABS-Servo hinten

Sobald der Bremsdruck die Druckfeder überwindet, wird die zwischen Trennkolbenoberseite und Nadelventil eingeschlossene Flüssigkeit zu den 2 vorderen Bremszangen gedrückt und diese bremsen nun mit. Durch Dichtungen an Trennkolben und Nadelventil sind vorderer und hinterer Kreis fluidisch getrennt, so dass ein Leck im hinteren Teil die Wirkung der Handbremse nicht beeinträchtigt. Fällt der vordere Kreis aus, sind Hauptzylinder- bzw. Trennkolben-Verdrängung dergestalt angepasst, dass nach Auflaufen des Trennkolbens auf eine Verengung immer noch genügend Zylindervolumen zum Druckaufbau im hinteren Kreis vorhanden ist.

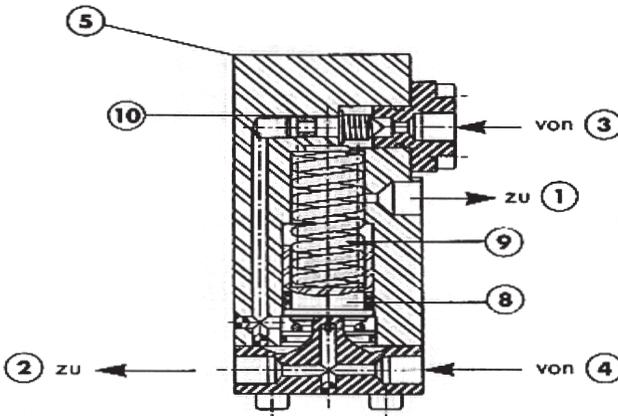


Fig. 3: Koppelventil

- 8 Trennkolben
- 9 Druckfeder
- 10 Nadelventil

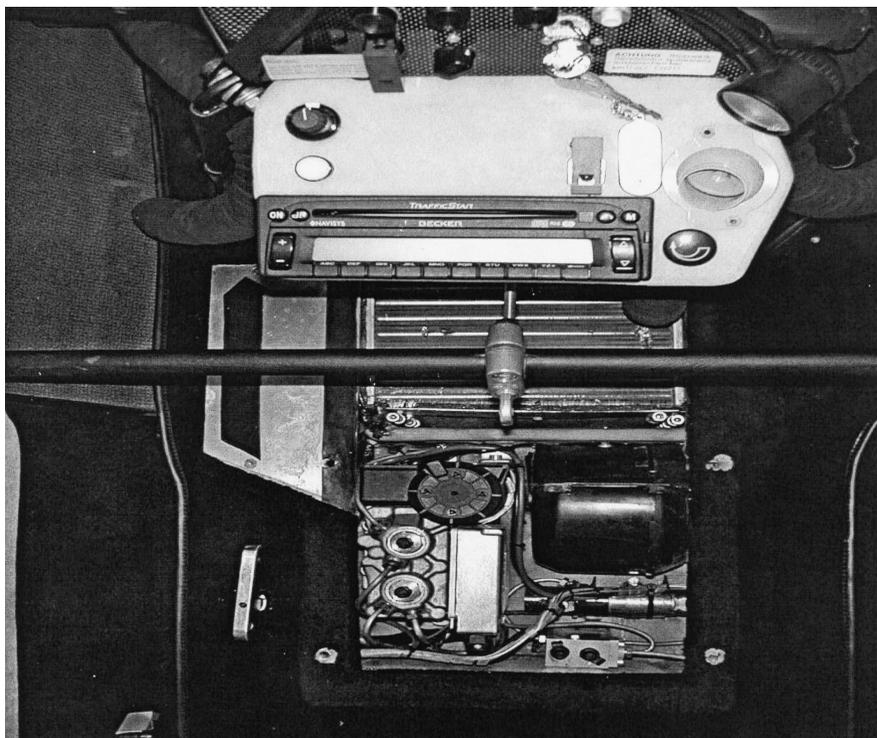


Bild 4: Einbau der Bremsregelung unter dem Vordersitz im SUPER-TURBO-ECO (Mitte unten ABS-2-Servo, rechts davon Koppelventil und davor Druckbegrenzer HR-Bremse)

Mit diesem Vollverbundsystem kann durch entsprechende Auslegung der Komponenten der Druckverlauf für vordere und hintere Bremsen derart gesteuert werden, dass optimale Verzögerungswerte ohne Verteilungsaufgaben für den Fahrer, lediglich durch Betätigen eines einzigen Pedals oder Hebels erreicht werden. Wie beim PKW besteht die Rettung bei Notbremsungen im Zumachen der Bremse, wobei hinten etwas früher einsetzende ABS-Zyklen die Nähe zur Reibwertgrenze zuverlässig anzeigen. Es ist also auch möglich, knapp unter dem ABS-Regelbereich vorne zu bremsen. Nach Erfahrungen auf der Rennstrecke lassen sich so höhere Verzögerungen gegenüber unregelmäßigen Anlagen erreichen.

Betriebsbedingungen

Für unsere Vergleichsmessungen sind einerseits die Ersatzteil-Aufzeichnungen unserer ECOMOBILE-Wartung und andererseits die Auswertungen der Versuche

auf dem Masaryk-Ring in Brno CZ in Korrelation gesetzt worden. Die Verschleisswerte sind in Funktion der Bremsenergie in kWh angegeben. In Brno wird, bei Rundenzeiten von 145–160 sec während ~15 sec voll gebremst, wobei die mittlere Bremsleistung ~200 kW, bei einer Streckenlänge von 5,4 km mit 70 m Höhendifferenz und Durchschnittsgeschwindigkeiten von 125–140 km/h sich zu einer Bremsenergie von 0,8 kWh pro Runde aufsummiert. Diese Bremsenergie entspricht, je nach Fahrweise und Betriebsbedingungen etwa der 30–50fachen Fahrstrecke im normalen Strassenbetrieb.

Bremsscheiben

Als Standardbremsscheibe wird die Edelstahlscheibe der BMW-K100–2V-Serie mit 285 mm Durchmesser und 5 mm Dicke verwendet. Freundlicherweise fertigt uns BMW eine ungeschlitzte Variante, denn axiale Bohrungen oder Schlitzte führen zu einem im ECO unüberhörbaren Schabgeräusch (Zwiebackfräsen!), erhöhen Belagverschleiss und verursachen Risse. Auf demselben BMW-Träger sind auch Grauguss-Scheiben von 7 mm Dicke und 70 radialen Lüftungsbohrungen verwendet

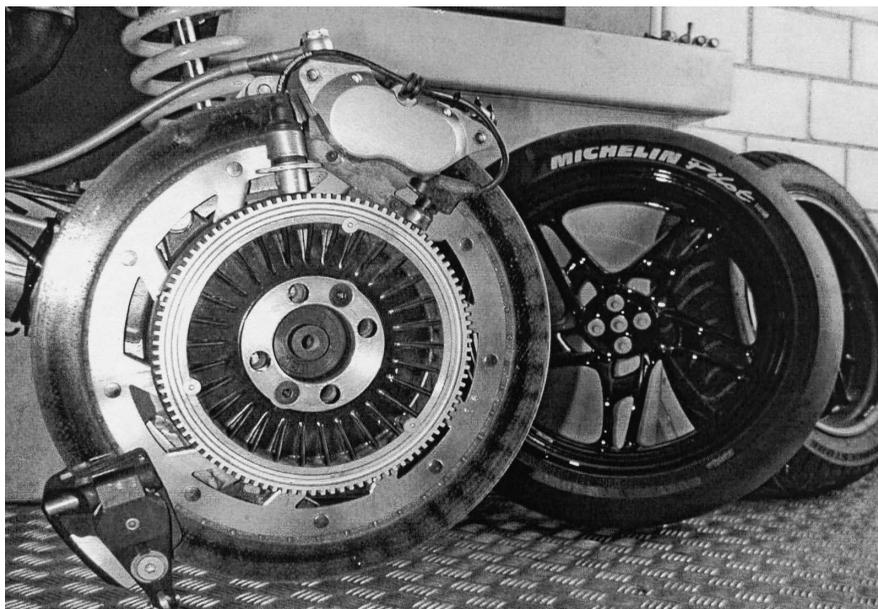


Bild 5: SICOM-Bremsscheibe hinten mit SPIEGLER-Zange & 2 Regelsensoren (Links unten mechanische Zange für die Feststellbremse)

worden, was die Oberfläche zwecks besserer Kühlung um 50% vergrößert. Nach langer Suche haben wir nun auch einen Lieferanten für 7 mm dicke Edstahl-scheiben mit 70 radialen Bohrungen gefunden. Als derzeit modernste Variante wurde im Frühjahr 2000 die SICOM-Scheibe mit 320 mm Durchmesser, 9 mm Dicke, 70 radialen Bohrungen und einem genieteten Edstahlring als Zwischen-träger zum BMW-Träger getestet und zugelassen. Alle ECO-Bremsscheiben sind entweder fest auf dem Träger vernietet oder verschraubt.

Aus Tabelle 6 sticht insbesondere der Gewichts- und Lebensdauervorteil der SICOM-Scheibe hervor, indem sich das Fahrzeuggewicht um rund 7,500 kg reduzi-ert und die Bremse die ganze Fahrzeulebensdauer von einigen 100 000 km durchhält. Dagegen fallen Mehrkosten von rund EUR 1000,- an. Wenn sich die bisherigen Versuche im Langzeittest bestätigen, ist die SICOM-Anlage finanziell ab ca. 100 000 km günstiger.

Scheibentyp	BMW-285mm rostfrei 5mm	285mm geb. Guss 7mm	285mm geb. rostfrei 7mm	320mm geb. rostfrei 7mm	SICOM 320 gebohrt 9mm
Gewicht inkl. BMW-ABS- Träger	1.900 kg	2.600 kg	2.800 kg	3.700 kg	1.200 kg
Reibwert					
Kalt	~ 0.50	~ 0.50	~ 0.50	Wie 285 mm	~ 0.60
Warm	~ 0.40	~ 0.60	~ 0.45		~ 0.70
Nass	ca. 85%	ca. 90%	ca. 85%		ca. 65%
Abnutzung					
kWh pro mm	ca. 40	ca. 25	ca. 50	ca. 50	unbegrenzt
Betriebs- dauer ca.	80.000 km	35.000 km	90.000 km	90.000 km	unbegrenzt
Ausfälle wegen	Risse bei Winterbetrieb	Risse durch Wärme	keine	keine	Keine
Kosten in Kleinserie	ca. EUR 150.-	ca. EUR 300.-	ca. EUR 400.-	ca. EUR 420.-	ca. EUR 750.-

Tabelle 6: Eigenschaften der verschiedenen ECO-Bremsscheiben

Bremsbeläge

Mit ECOs sind 3 Typen von Bremsbelägen erprobt worden, nämlich als <organische>, solche aus Sintermetall und aus SICOM. Organische Beläge haben geringere Reibwerte, geringere Laufleistung und neigen bei Heissbremsungen zum <Verglasen>, dh. auf der Oberfläche bildet sich eine Verhärtung mit stark abfallendem Reibwert. Hingegen isolieren Sie gut gegen den Wärmefluss von Scheibe zur Bremshydraulik. Sintermetallbeläge halten bis doppelt so lang, haben keinen Reibwertabfall bei Heissbremsung, verursachen aber vor allem auf Gussringen stärkeren Abrieb der Scheibenoberfläche und machen Probleme im Winterbetrieb (Chemisches Festfressen im Stand).

Ebenso sind Delaminationen des Belags von der Stahlplatte aufgetreten, ein Schaden, der u.U. zu Bremskreisausfällen und Verkehrsgefährdung führen kann.

SICOM-Beläge haben sich bisher sehr bewährt und zeigen nur minimalen Verschleiß (0,3mm auf 20 000 km), so dass mit einer Lebensdauer von rund 100 000 km im Minimum zu rechnen ist. Allerdings liegen noch keine Langzeit- und Winterbetriebsversuche vor.

Langzeit-Bremssystem

Die geregelte Vollverbund-ABS-Bremsanlage mit SICOM-Scheiben und -Belägen hat nach unseren Erfahrungen alle Voraussetzungen, während der gesamten Fahrzeuglebensdauer praktisch wartungsfrei ihre Aufgabe im Zweirad zu erfüllen. Sie ist unsere Vorstellung des zukünftig zu erreichenden Zweirad-Bremsstandards, wobei die Einführung aus Kostengründen wie beim PKW vom höheren zu tieferen Preissegmenten erfolgen wird.

Literatur

- [1] 93/14 EWG Vorgeschriebene Minimal-Bremsdimensionierung
- [2] BMW K100/84 Messungen PVS Anlage mit Brembo-2-Kolben-FS-Zangen
- [3] BMW K100/ABS1 dito, plus ABS 1
- [4] ECO K5-85 Erste ECO-Verbundbremse, Pedal auf je 1 Scheibe v + h
- [5] Handbremse 1 Scheibe v, Brembo-2-Kolben-FS-Zangen
- [6] ECO 90-4KZ Bremse wie K5-85, aber mit 3 Brembo-4-Kolben-FS-Zgn.
- [7] ECO VVB Vollverbundbremse, Pedal auf alle 3 Zangen, geregelt
- [8] ECO VV-ABS 1 VVB mit zusätzlicher ABS-1-Regelung
- [9] ECO 12 ABS 2 VVB mit ABS 2 und innenbelüfteter Scheibe h + Ventilierung
- [10] ECO MONO Rennbremse innenbelüftet, VVB + ABS 2
- [11] ECO SICOM VVB + ABS 2, innenbelüftete 320mm-SICOM-Scheiben)*
* SICOM = Spiegler-Handelsname für in Siliziumschmelze infizierte Karbon-Scheiben

**Development of a Tyre Tube with Puncture Prevention
Function for large Motorcycles**

***Entwicklung von Schläuchen zur Verhinderung
von Luftdruckverlusten an Reifen für große Motorräder***

Toshio Yamagiwa
Akioko Tanaka
Kengo Nakayama

HONDA R&D Co. Asaka
Japan

Abstract

Punctures affect the running stability of motorcycles. In general, motorcycles cannot be ridden when a tire is punctured because no spare tire is available. Therefore, motorcycle users desire to prevent punctures. To meet this demand, Honda since the end of 1996 has been adopting a dual-structure-tube for small motorcycles, which has a puncture prevention function. This tube has been highly welcome to a lot of users: as is shown by the number of 1,000,000 or more such tubes already sold.

The tube is composed of a chamber with puncture prevention liquid and a chamber of air. The puncture prevention liquid closes a hole even if a metal piece like a nail sticks into the liquid chamber located on the tire crown side, so the air leakage can be prevented. In a monitor test carried out in the Japanese market, it was confirmed that the tube has been decreasing punctures by about 90%.

Now, we have developed a new type of tube with a puncture prevention function for large motorcycles. Its features consist in:

- ability to adjust the tire balance
- ability to run even with a hole in the tube
- ability to help preventing a shock puncture.

In order to use a puncture prevention liquid also for large size tubes, the composition of the liquid material and the included fiber were reviewed. In this paper, the tube structure as well as the new puncture prevention liquid and its durability are described.

En moto, une crevaison perturbe dangereusement la tenue de route et contraint à interrompre la conduite, car on ne dispose généralement pas de pneu de rechange sur place. La crevaison est donc une nuisance particulièrement grave pour les motocyclistes. En réponse à cette préoccupation, Honda a adopté depuis fin 1996 un système de double chambre à air anti-crevaison, adapté à la majorité des petites cylindrées. Cette chambre à air particulière a été accueillie avec enthousiasme par le public, comme le prouvent les ventes au Japon: de plus de 1.000.000 unités vendues à ce jour.

Le dispositif consiste en une «chambre à liquide» venant se superposer sur la chambre à air. Toute crevaison ou pénétration par un clou ou une pièce de métal dans cette poche couvrant la face extérieure de la chambre à air, est instantanément colmatée par le liquide et la fuite d'air est ainsi évitée. Des tests réalisés au Japon ont démontré que ce système permet d'éliminer 90% des problèmes de crevaison.

Dès lors, nous avons développé un nouveau type de chambre à air anti-crevaison destiné aux motos grosses cylindrées et qui permet:

- de régler l'équilibrage des pneus
- de continuer de rouler avec une crevaison
- d'éviter l'éclatement

La composition du liquide et la fibre constituant la poche extérieure ont été révisés pour s'adapter aux chambres à air des gros modèles. Le présent rapport décrit la structure de la chambre à air et la nouvelle composition du liquide anti-crevaison ainsi que sa durabilité.

1. Introduction

Pneumatic tires have been having trouble with flat tires since they have been invented. The puncture frequency of motorcycles is higher than that of automobiles because for motorcycles that run on the shoulder of the street where the debris is lying, the risk to run into scattered pins and nails is higher. Many motorcycle riders are troubled about punctures because motorcycles have no spare tires. Conventional technologies of countermeasures against punctures include "Run flat tire" and "Mousse tire" but they are not popular for motorcycles due to poor handling and stability, poor riding comfort, low durability and high costs.

In 1996, the authors developed a highly reliable double tube for small motorcycles that largely reduces the puncture of tire tubes. The total production of these tubes has amounted to a million tubes in November 1999 and many small motorcycle-users are using them. As for large motorcycles, new double construction tubes suitable for high speed driving and excellent in durability have been developed based on the technologies designed in the development of the double construction tube for small motorcycles. The basic construction of the tube, the puncture-plugging performance, the high speed driving performance, the wheel balance-adjusting performance and the resistance against puncture caused by hitting the rim are described in this paper.

2. Development Objectives and Targets

The following requirements were established for the tubes of large motorcycles.

- (1) It should be possible to drive until tire replacement due to normal life span, even if the tube gets a puncture by a pin with a diameter of 3mm.
- (2) It should be compatible with conventional tubes.
- (3) It should be possible to adjust wheel balance.
- (4) It should be tough against puncture by hitting the rim.
- (5) It should be excellent in productivity.

3. Features of the Double Construction Tube

The double construction tube has a construction of two mutually independent chambers, as shown in Fig. 1. A newly developed puncture prevention gel is injected into the chamber of the tire tread side in the manufacturing stage. The chamber with the injected gel is provided in an angle of 180 degrees around the

tread side. Since the air pressure from the other air chamber always acts to the gel chamber, some gel will enter and fill up the holes if punctured. For a long time, even if a motorcycle is parked with a puncture on the upper side, some gel covers the surrounding of the puncture and can prevent the tube from air leaking.

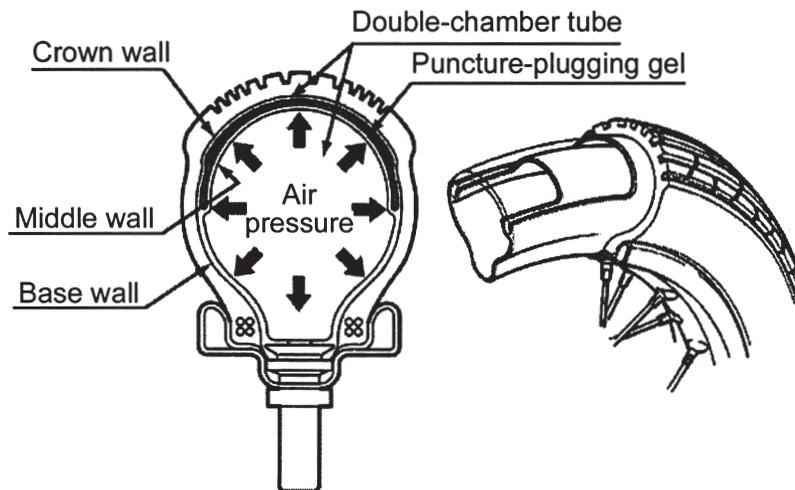


Fig.1: Cross section of developed double construction tube

4. Targets and Requirements for Preventive Flat-Tire Gel

The following requirements were set for the development of puncture preventing gel of tubes for large motorcycles.

- (1) As for the puncture-plugging performance of the gel, the gel should be able to prevent air leaks from punctures by pins of 1 to 5 mm in diameter.
- (2) The properties of the gel should enable the adjusting of the wheel balance.
- (3) The puncture-plugging performance should be maintained during high speed driving.
- (4) The puncture-plugging performance should work at temperatures from -15°C to $+50^{\circ}\text{C}$.
- (5) The life of the gel when the tubes are in storage should last more than ten years.
- (6) The gel composition should be easy to fill in when the tubes are produced.

5. Test Results of Puncture-Plugging Performance

Test results for the puncture-plugging performance of the newly developed gel are shown in Fig. 2. As for the puncture-plugging performance, results exceeding the target requirements were obtained for both temperature and pin diameter. Results of the durability test of the gel are shown in Fig.3. The durability of the gel is sufficient since the storage life of tubes is generally five years approximately.

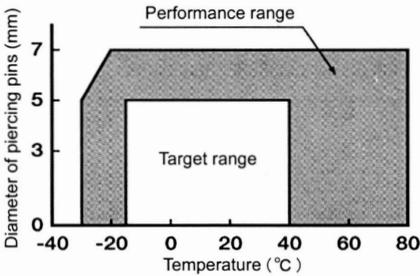


Fig. 2: Plugging performance of developed gel

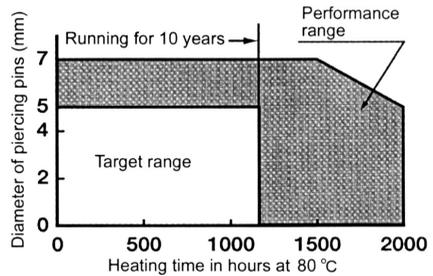


Fig. 3: Durability test result of developed gel

6. Puncture-Plugging Mechanism

The puncture-plugging mechanism in the double construction tube is shown in Fig. 4. The mechanism to plug up holes is as follows: Punctures are usually pierced from the gel chamber to the air chamber. Fibers contained in the gel are pushed into the puncture and are tightened by the elasticity of rubber. At that time, the gaps between fibers are plugged up by fine ceramic powder. Also, gel constituents fill other spaces. The gel never leaks into the inside of tube because of the air pressure that exists inside the tube. Fig.5 shows a photograph of a cross section of a puncture plugged by the described flat-tire preventive gel.

The photograph was taken after the gel dried.

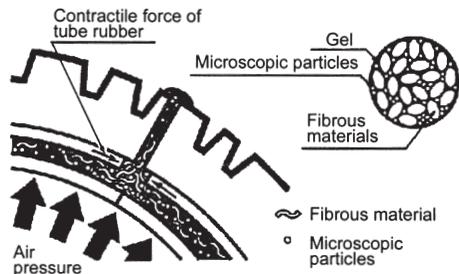


Fig. 4: Puncture-plugging mechanism by the gel

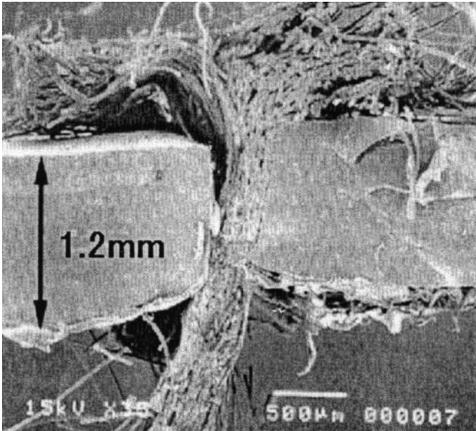


Fig. 5: Photograph of cross section of puncture plugged

7. Adjustment of the Wheel Balance

An adjustment of the wheel balance is vital for large motorcycles running at high speed. To adjust the balance of wheels installed with the double construction tubes, it is important that the tire assemblies stay in the same balanced conditions while motorcycles are running. For that purpose, the gel inside the tubes is designed to disperse uniformly in the circumferential direction of rotation. It is necessary that the conditions can always be reproduced while motorcycles are running. The relation between the running speed and the time required until the gel is uniformly dispersed inside the tube is shown in Fig. 6. As a stable gel dispersion is obtained for the developed double construction tube, the wheel balance adjustment is enabled. Fig. 7 shows the results of the stability test of the wheel balance.

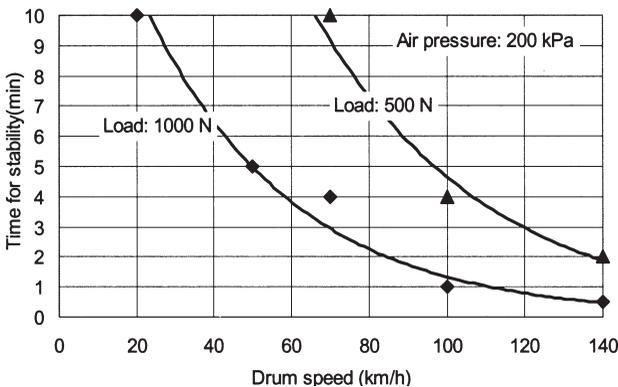


Fig. 6: Required time for gel uniformity in the tube

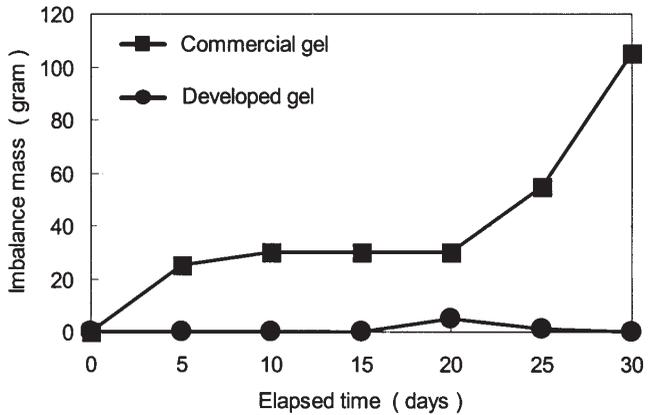


Fig. 7: Results on the stability test of wheel balance

8. Durability during High Speed Running

For large motorcycle tubes, much more durability for high speed running is required than for the tubes for small motorcycles. The durability of the tube running at high speed was tested by a drum test. The test conditions and results are shown in Table 1. The results were equal to the conventional tube.

Test tube	Size	3.00-21
	Type	Double construction
Test conditions	Air pressure	350 kPa
	Loads	1300 N
	Puncture hole	By nail of diameter of 2.8 mm
	Running speed	170km/h for 10 min. Increased 10km/h per 10 min. Increased 10km/h per 20 min. from 200km/h
Test result		Tire was damaged 12 min. after running at 250km/h
Estimation		Equal to conventional tube

Table 1: Conditions and result for durability test during high speed running by drum

9. Actual Running Durability Test

The actual running durability test for a large street motorcycle and a large off road motorcycle was conducted by punching one puncture with a pin with a diameter of 3mm on both front and rear tire. The tests were conducted by the road conditions and the running distance conditions as shown in Table 2, and neither tire leaked air.

	Street model	Off road model
Paved road	10000km	5000km
Paved rough road	2000	2000
Rough road	500	2000
Total	12500	9000

Table 2: Conditions for actual running durability test

10. Actual Running Test at High Temperature

The physical properties for the tube rubber and the puncture preventive gel change under the influence of temperature. The tire tubes of large motorcycles running at high speed become high in temperature. To verify the puncture-plugging performance at high temperature, a running test was conducted. The maximum outside air temperature was 47 °C and maximum road surface temperature was 57 °C. Test results on the puncture-plugging performance under high temperatures are shown in Fig. 10. Using the same tire and tube, the tube is punctured by pins with diameters as shown in Table 3, and the air leak was checked after running a distance of 6 kilometers. The air leak was tested progressing from the smallest pin to the largest pin. No air leak was observed when using pins from 1 to 5 mm in diameter. With pins from 6 to 8 mm in diameter, a slight air leak occurred when the pin punctured the tube, but it was no problem for running. Furthermore, the tube was punctured at a 90-degree interval at the circumference with a pin of a diameter of 3 mm, and while running continuously, the tube was tested for air

	Pin diameter (mm)	Street model		Off road model		Outside air temp. (°C)	Road surface temp. (°C)	Test place
		Front	Rear	Front	Rear			
▲ Target pin diameter ▼	1	No leak	No leak	No leak	No leak	→ 47	→ 57	Death valley in USA
	2	▲	▲	▲	▲			
	3	▲	▲	▲	▲			
	4	▲	▲	▲	▲			
	5	▲	▲	▲	▲			
	6	Slight leak	Slight leak	Slight leak	Slight leak			
	7	▲	▲	▲	▲			
	8	▲	▲	▲	▲			

Table 3: Diameter of pins used for puncture

Running conditions	Motorcycle types				Outside air temp. (°C)	Road surface temp. (°C)	Test places	Road types
	Street model		Off road model					
	FR	RR	FR	RR				
Continuous	260km	260km	220km	220km	→ 47	→ 57	Death Valley	Paved Road
Max. speed	250	250	100	100	→ 40	→ 50	Closed course	Paved Road
Winding road	50	50	/	/	→ 40	→ 50	Closed course	Paved Road
Continuous	50	50	50	50	→ 40	→ 50	Closed course	Rough Road
Motocross	/	/	50	50	→ 40	→ 50	Closed course	Motocross course

Table 4: Test conditions for continuous running

leaks. The test conditions are shown in Table 4. The figures in the Table 4 show the continuous running distance. No air leak was observed in any of the tests.

11. Resistance Properties against Rim Hit Puncture

Rim hit punctures caused by potholes and rocks on a bumpy road are often caused during off-road running. For dual-purpose motorcycles, a tube with an enhanced rim hit puncture performance as shown in Fig.8 was developed. The effects of the double construction tubes with a projection for the prevention of rim hit punctures are shown in Fig. 9. The test conditions were a tire size of 3.00–21, at running speed of 40 km/h, with tire load of 82 kgf, and a height of the projection set on the road at 60 mm. Double construction tubes are effective against rim-hit punctures, and further adding of the projection leads to a even bigger effect. This is due to the alleviation of stress on the tube rubber by the puncture preventive gel and by the middle wall of the tube acting as buffer material against the impact of rim hit. Moreover, it was found that the projection further alleviates such impact.

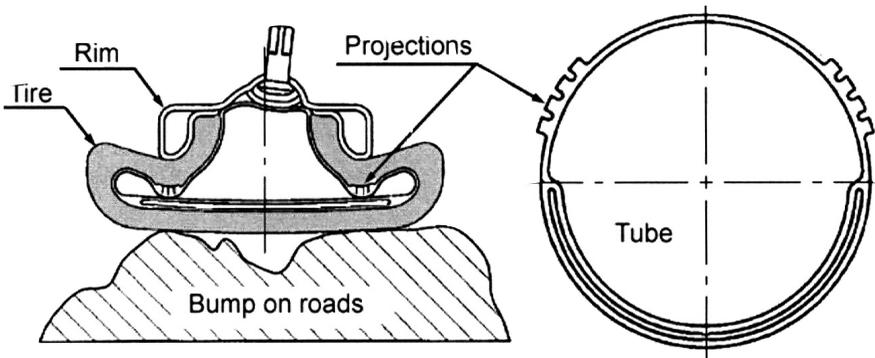


Fig. 8: Prevention structure of rim hit puncture

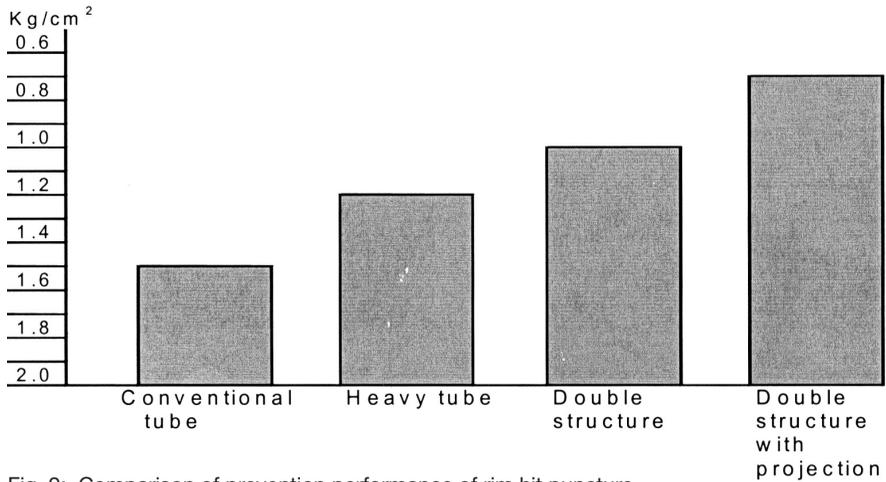


Fig. 9: Comparison of prevention performance of rim hit puncture

12. Conclusions

Double construction tubes for large motorcycles with a high puncture resistance performance were tested for practical use.

The tubes have the following features:

- (1) The puncture-plugging performance is stable even at high-speed running after being punctured by pins.
- (2) The puncture-preventive gel disperses uniformly in the gel chamber of the tube, and does not change the wheel balance.
- (3) The tube is highly effective for the prevention of rim hit punctures.

Reference List

- [1] Takashi Maniwa: Knowledge and characteristics of tires for automobiles (in Japanese). Sankai-do Co., Ltd. (1980)
- [2] Hideo Sakai: Engineering of pneumatic tires (in Japanese). Grand prix publication Co., Ltd. (1987)

Umwelt

Environment

**Schadstoffemissionen geschwindigkeitsreduzierter
Leichtkrafträder**

***Emission of Harmful Substances by Low-Speed
Light Motorcycles***

Jost Gail

Bundesanstalt für Straßenwesen – Bergisch Gladbach
Deutschland

Christoph Albus

Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen – Bonn
Deutschland

Abstract

Restricting light motorcycles with an engine capacity of 125 cm³ to a maximum speed of 80 km/h is in most cases achieved by intervening in the ignition system. After a specified speed has been reached the ignition is interrupted step-by-step. These ignition shut-offs lead to large increases in emissions and fuel consumption when the motorcycle is driven at close to maximum speed. Under commission to the Federal Environmental Agency the Berlin-Adlershof GmbH emission testing agency carried out emission readings at 75 km/h (no ignition system shut-offs) and at 80 km/h (up to 67 ignition misses per 100 firing cycles) for journeys along level ground. Based on these values and using the TREMOD data and calculation model, the Federal Highway Research Institute determined an upper emission threshold (CO, HC, NO_x and fuel consumption) of throttled light motorcycles. The emissions of throttled light motorcycles were also compared with those of unthrottled light motorcycles. Additionally, two values were determined: the percentage of all motorised two-wheeler emissions made up by the annual emissions of throttled light motorcycles and the percentage of all road traffic emissions in the Federal Republic of Germany made up by the annual emissions of throttled light motorcycles.

Die Drosselung von Leichtkrafträdern mit einem Hubraum von 125 cm³ auf eine Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h erfolgt in den meisten Fällen über einen Eingriff in die Zündanlage. Dabei wird nach Erreichen einer vorgegebenen Drehzahl die Zündung stufenweise unterbrochen. Diese Zündabschaltungen führen dazu, dass im Bereich der Höchstgeschwindigkeit die Emissionen und der Kraftstoffverbrauch deutlich zunehmen. Von der Abgasprüfstelle Berlin-Adlershof GmbH wurden im Auftrag des Umweltbundesamtes Emissionsmessungen sowohl bei 75 km/h (keine Zündabschaltung) als auch bei 80 km/h (bis zu 67 Zündaussetzer pro 100 Arbeitsspiele) für Fahrten in der Ebene durchgeführt. Auf der Basis dieser Werte wurde von der Bundesanstalt für Straßenwesen mit Hilfe des Daten- und Rechenmodells TREMOD eine Obergrenze der Emissionen (CO, HC, NO_x und Kraftstoffverbrauch) von gedrosselten Leichtkrafträdern bestimmt. Weiterhin wurden die Emissionen der gedrosselten mit denen der ungedrosselten Leichtkrafträder verglichen. Außerdem wurde der Anteil der jährlichen Emissionen der gedrosselten Leichtkrafträder an den Emissionen aller motorisierter Zweiräder und des gesamten Straßenverkehrs der Bundesrepublik Deutschland ermittelt.

La limitation de la vitesse des vélomoteurs d'une cylindrée de 125 cm³ à un maximum de 80 km/h est réalisée la plupart du temps grâce à une modification du système d'allumage. Dans ce cas, lorsqu'un nombre de tours déterminé est dépassé, l'allumage est graduellement interrompu. En raison de cette interruption de l'allumage, les émissions polluantes et la consommation de carburant augmentent sensiblement à vitesse élevée. L'Office Fédéral de protection de l'Environnement a chargé le centre de contrôle des gaz d'échappement, la Société Adlershof GmbH de Berlin d'effectuer des mesures des gaz d'échappement aussi bien à 75 km/h (pas d'interruption de l'allumage) qu'à 80 km/h (jusqu'à 67 ratées pour 100 cycles) sur des parcours plats: c'est sur la base de ces mesures que l'Institut Fédéral de Recherches Routières a déterminé une limite supérieure des émissions (CO, HC, NO_x et consommation de carburant) à l'aide du modèle de calcul et d'interprétation des données TREMOD. De plus, on a comparé les émissions des vélomoteurs à moteurs bridés avec celle des vélomoteurs à moteurs non bridés. Par ailleurs, on a déterminé la part des émissions annuelles provenant de tous les vélomoteurs à moteurs bridés aux émissions de tous les vélomoteurs et la part des émissions annuelles des vélomoteurs à moteurs bridés à l'ensemble de la circulation routière en Allemagne.

Einleitung

Die europäische Fahrerlaubnisklasse A1 umfasst Kraffräder mit einem Hubraum bis zu 125 cm³ und einer Leistung bis 11 kW. Auf Grund einer nationalen Bestimmung des Führerscheinsrechts muss jedoch für 16- und 17-jährige Fahrzeugbenutzer die Höchstgeschwindigkeit bauartbedingt auf 80 km/h begrenzt sein (siehe Tabelle 1). Häufig werden hierzu ursprünglich schnellere Leichtkrafträder (LKR) auf diese Höchstgeschwindigkeit gedrosselt. Erfolgt die Drosselung durch Abschalten der Zündung, so nehmen Schadstoffemissionen und Kraftstoffverbrauch im Bereich der Höchstgeschwindigkeit stark zu, wie eine Untersuchung der Abgasprüfstelle Berlin-Adlershof GmbH im Auftrag des Umweltbundesamtes zeigt [1]. Da Kraftfräder bei der Typprüfung nur in einem Geschwindigkeitsbereich bis 50 km/h geprüft werden, wird der Zustand der Zündabschaltung dort nicht erreicht. Im Folgenden soll abgeschätzt werden, wie hoch die zusätzlichen Emissionen der gedrosselten Leichtkrafträder sind.

Grundlagen der Berechnung

Zur Bestimmung der Emissionen der Leichtkrafträder (gedrosselt wie ungedrosselt) wird auf das Trendszenario „SYS_D_BASIS“ des Daten- und Rechenmodells

Fahrzeugart	Technische Kriterien	Klasse	Mindestalter	Ausbildung		Prüfung		Kennzeichen	Kfz-Steuer	Haftpflichtversicherung	HU
				theoretisch	praktisch	theoretisch	praktisch				
Mofa	höchstens 50 cm ³ , höchstens 25 km/h, nur einsitzig	Führerscheinfrei, aber Prüfbescheinigung	15	ja	ja	für die Prüfbescheinigung ja	nein	Ver sicherungskennzeichen	nein	ja	nein
Kleinkrafträder und Fahrräder mit Hilfsmotor	höchstens 50 cm ³ , höchstens 50 km/h, Moped: Pedale, Mokick: Kickstarter	M	16	ja	ja	ja	ja	Ver sicherungskennzeichen	nein	ja	nein
Leichtkraftrad	Krafträder bis 125 cm ³ , bis 11 kW	A1	18	ja	ja	ja	ja	amtl. Kennz. (Großformat)	nein	ja	ja
	für 16- und 17jährige 80 km/h bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit	A1	16	ja	ja	ja	ja	amtl. Kennz. (Kleinformat)	nein	ja	ja
Motorrad	Leistungsunbeschränkte Krafträder	A	18	ja	ja	ja	ja	amtl. Kennz. (Großformat)	ja	ja	ja

Tabelle 1: Übersicht der Fahrerlaubnisklassen für motorisierte Zweiräder

TREMODO (Version 1.1 vom März 1999) zurückgegriffen. Das Daten- und Rechenmodell TREMOD (Transport Emission Estimation Model) wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes vom Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (ifeu) entwickelt [2]. Mit Hilfe dieses Programms lassen sich die Emissionen und der Energieverbrauch des motorisierten Verkehrs in Deutschland von 1980 bis 2020 in Jahresschritten ermitteln. Die Berechnung erfolgt auf der Grundlage von Emissionsfaktoren und Jahresfahrleistungen.

Die interessierende Klasse der Leichtkrafträder mit 125 cm³ Hubraum ist im Modell TREMOD in zwei Fahrzeugkategorien enthalten, die nicht weiter ausdifferenziert sind: Zum einen existiert eine Kategorie „KR < 250 ccm“, die alle Krafträder mit 4-Takt-Motor unter 250 cm³, jedoch keine Mofas, Mopeds oder Kleinkrafträder, umfasst. Zum anderen gibt es im Modell eine gemeinsame Kategorie für alle 2-Takt-Maschinen. Vergleicht man nun die streckenbezogenen Emissionen des Berichtes der Abgasprüfstelle Berlin-Adlershof GmbH mit denen aus TREMOD für die Straßenkategorien „außerorts“ und „Autobahn“, in denen hauptsächlich die interessierenden Geschwindigkeiten von über 75 km/h gefahren werden, so ergibt sich annähernd eine Übereinstimmung der Werte. Das heißt, die Kategorie „4-Takt < 250 cm³“ kann stellvertretend für die ungedrosselten 4-Takt-LKR und die 2-Takt-Kategorie für die entsprechenden 2-Takt-LKR herangezogen werden. Es ist anzumerken, dass für die Berechnungen nur die Emissionen während des Betriebs (keine Tankatmung) berücksichtigt werden.

Die im Modell zu Grunde gelegten Bestände und Fahrleistungen müssen jedoch noch auf die Daten des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) angepasst werden, da sich die Bestände in TREMOD anders untergliedern als die KBA-Statistik.

Der genaue Bestand der gedrosselten Leichtkrafträder ist nur für das Jahr 1998 bekannt: Eine Statistik des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft weist einen Wert von 36.645 gedrosselten Leichtkrafträdern aus. Bei einem Gesamtbestand von 400.665 LKR in 1998 haben die gedrosselten einen Anteil von 9,1%. Das entspricht auch den Schätzungen im Bericht der Abgasprüfstelle Adlershof. Es wird von einem Anteil von 25% 2-Takt-LKR an den gedrosselten Leichtkrafträdern ausgegangen.

Zur Berechnung der Emissionen der gedrosselten Leichtkrafträder wurden die in TREMOD ausgewiesenen Emissionen der ungedrosselten LKR mit einem Aufschlag versehen. Der Faktor, mit dem die TREMOD-Werte multipliziert wurden, berechnet sich als Mittelwert der Emissionserhöhungen, die im Adlershof-Bericht angegeben sind (Emissionen bei Höchstgeschwindigkeit gegenüber den Emissionen bei höchstmöglicher Geschwindigkeit ohne Zündaussetzer). Die Mittelung erfolgte jeweils getrennt für 2-Takt- und 4-Takt-Maschinen; bei zwei Leichtkrafträdern wurde zusätzlich über die beiden höchsten Gänge gemittelt.

	2-Takt-LKR	4-Takt-LKR
CO	1,23	1,09
HC	2,19	6,40
NO_x	1,11	1,35
Kraftstoffverbrauch	1,31	1,17

Tabelle 2: Faktoren für die Emissionserhöhung. Angegeben ist der Quotient der Emissionen beim Fahren mit Höchstgeschwindigkeit gegenüber denen bei höchstmöglicher Geschwindigkeit ohne Zündaussetzer

Damit ergeben sich die in Tabelle 2 dargestellten Faktoren für die Emissionserhöhung.

Am größten ist die Steigerung des Schadstoffausstoßes bei der Komponente HC. Insbesondere die 4-Takt-LKR zeigen eine Vervielfachung der Kohlenwasserstoffemissionen um einen Faktor 6,4. Die angegebenen Werte beziehen sich auf Fahrten in der Ebene. Im Schubbetrieb bei Bergabfahrt steigen die Emissionen nochmals an.

Jährliche Emissionen eines gedrosselten Leichtkraftrades gegenüber seiner ursprünglich ungedrosselten Version

Die Emissionen eines Leichtkraftrades wurden für das Jahr 1998 berechnet. Dafür wurden in TREMOD die Emissionen aller LKR, jeweils getrennt für 2-Takt und 4-Takt, mit dem Aufschlag für die Drosselung (Zündabschaltung) versehen und durch die Zahl der LKR geteilt. Da die Emissionserhöhung auf Grund der Drosselung ausschließlich bei einer Geschwindigkeit von ca. 80 km/h auftritt, wirkt sie sich nur auf Autobahnen und außerorts aus. Der Aufschlag auf die Emissionen erfolgte daher nur für diese beiden Straßenkategorien. Zum Vergleich sind in Tabelle 3 die Emissionen und der Kraftstoffverbrauch eines ungedrosselten und eines gedrosselten LKR sowie die prozentuale Emissionserhöhung auf Grund der Drosselung aufgeführt. Für eine 4-Takt-Maschine steigen die Jahresemissionen von HC um fast 400%.

	Motor	Emissionen (kg/a)		Emissions- erhöhung
		eines ungedrosselten LKR	eines gedrosselten LKR	
CO	4-Takt	51,7	55,7	8 %
	2-Takt	49,4	59,1	20 %
HC	4-Takt	3,1	15,6	398 %
	2-Takt	15,4	30,1	96 %
Nox	4-Takt	0,6	0,8	32 %
	2-Takt	0,2	0,2	10 %
Kraftstoffverbrauch	4-Takt	70,0	80,1	14 %
	2-Takt	78,9	99,7	26 %

Tabelle 3: Vergleich der jährlichen Emissionen eines gedrosselten und eines ungedrosselten Leichtkraftrades, differenziert nach 2-Takt- und 4-Takt-Motoren

Jährliche Emissionen des gesamten LKR-Bestandes der Bundesrepublik Deutschland unter Berücksichtigung der Bestandsentwicklung von 1996 bis 2010

Für den Bestand der Leichtkrafträder wurde für die Jahre 1996 bis 1999 die KBA-Statistik zu Grunde gelegt. Vom Bestand des Jahres 1999 ausgehend wurde dann für die Jahre 2000 bis 2010 eine Bestandsentwicklung angenommen, die prozentual dem TREMOD-Basisszenario entspricht. Daraus ergeben sich die in Tabelle 4 dargestellten LKR-Bestände. Bild 1 zeigt die zugehörige Fahrleistungsentwicklung.

In der Szenarienberechnung wurde für die gedrosselten Leichtkrafträder ein Anteil von konstant 9,1% angenommen. Bei einer vergleichenden Betrachtung ist es nicht sinnvoll, von einem Fahrverbot für die gedrosselten Leichtkrafträder auszugehen und diese aus dem Bestand herauszunehmen. Denkbar ist vielmehr die Variante einer Drosselung, die ohne Emissionserhöhung auskommt, oder auch ein Wegfall der Geschwindigkeitsbeschränkung. Daher wurden zum einen die Emissionen und der Kraftstoffverbrauch des Gesamtbestandes der LKR inklusive der herkömmlich gedrosselten LKR ermittelt. Zum anderen wurde ein Szenario berechnet, in dem die gedrosselten LKR dasselbe Emissionsverhalten zeigen wie die ungedrosselten. Die Ergebnisse der Emissionsberechnungen für die Jahre 1996 bis 2010 sind in den Bildern 2 bis 5 aufgetragen. Dargestellt sind jeweils die Emissionen (CO, HC, NO_x) und der Kraftstoffverbrauch der gesamten LKR inklusive der herkömmlich gedrosselten LKR im Vergleich zum gesamten LKR-Bestand mit emissionsneutral gedrosselten LKR. Für CO steigen die Emissionen der Leichtkrafträder auf Grund des Anteils mit Drosselung durch Zündabschaltung um etwa 1%. Für HC beträgt der Anstieg ca. 11%, für NO_x 4% und für den Kraftstoffverbrauch 1,5%.

Jahr	Bestand LKR	Änderung gegenüber dem Vorjahr
1996	223.357	
1997	320.745	+ 43,6 %
1998	400.665	+ 24,9 %
1999	468.983	+17,1 %
2000	481.871	+ 2,7 %
2001	500.951	+ 4,0 %
2002	503.358	+ 0,5 %
2003	502.592	- 0,2 %
2004	493.778	- 1,8 %
2005	486.873	- 1,4 %
2006	491.313	+ 0,9 %
2007	497.922	+ 1,3 %
2008	508.029	+ 2,0 %
2009	521.858	+ 2,7 %
2010	529.326	+ 1,4 %

Tabelle 4: Bestandsentwicklung der Leichtkrafträder, mit Hilfe der in TREMOD angenommenen Bestandsänderungen hochgerechnet aus dem KBA-Bestand von 1999

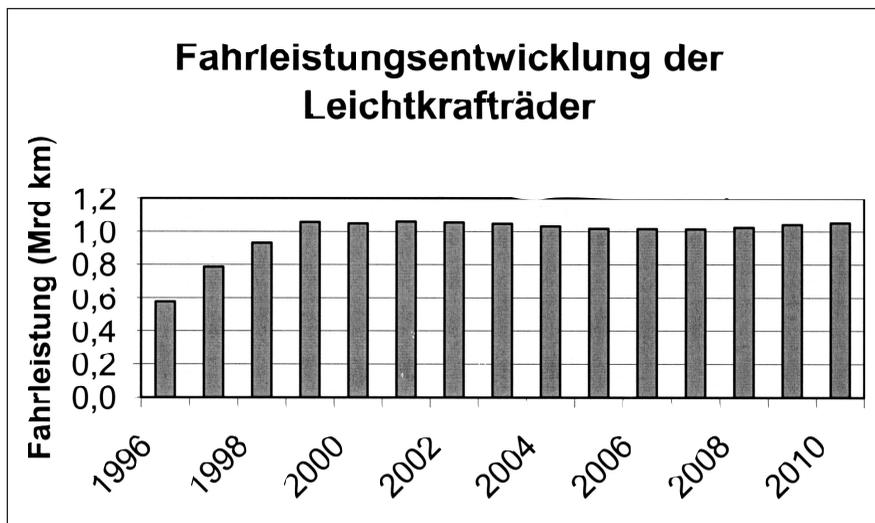


Bild 1: Fahrleistungsentwicklung der Leichtkrafträder von 1996 bis 2010

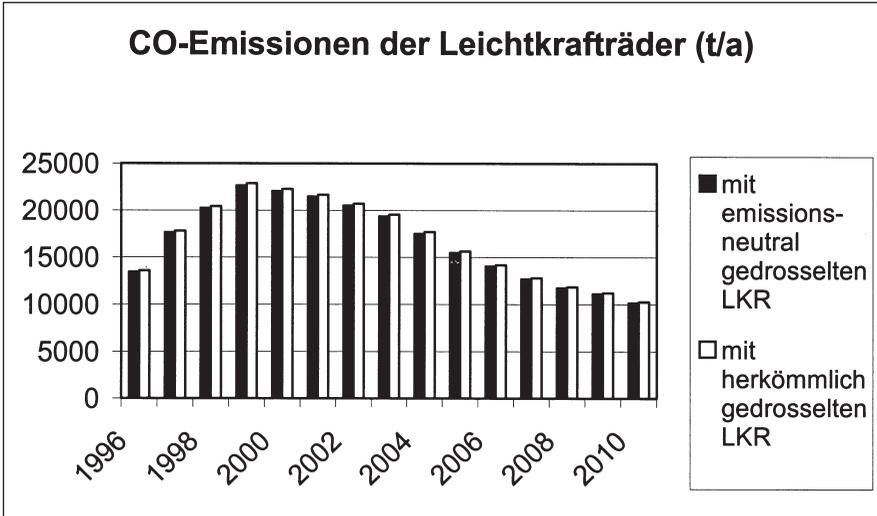


Bild 2: Vergleich der CO-Emissionen der Leichtkrafträder bei herkömmlicher und emissionsneutraler Drosselung

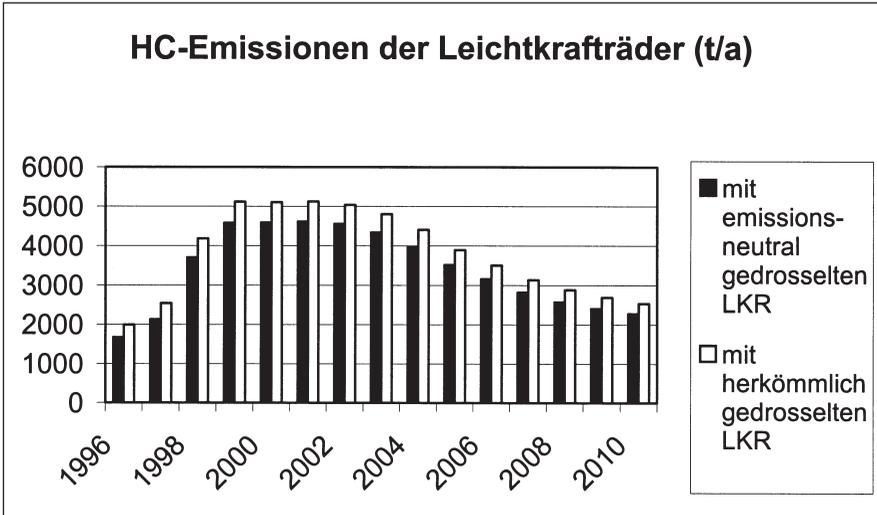


Bild 3: Vergleich der HC-Emissionen der Leichtkrafträder bei herkömmlicher und emissionsneutraler Drosselung

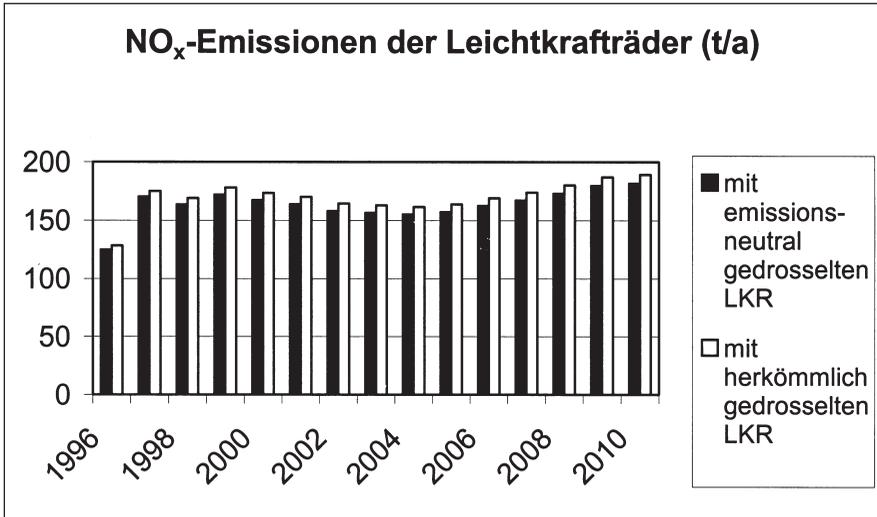


Bild 4: Vergleich der NO_x-Emissionen der Leichtkrafträder bei herkömmlicher und emissionsneutraler Drosselung

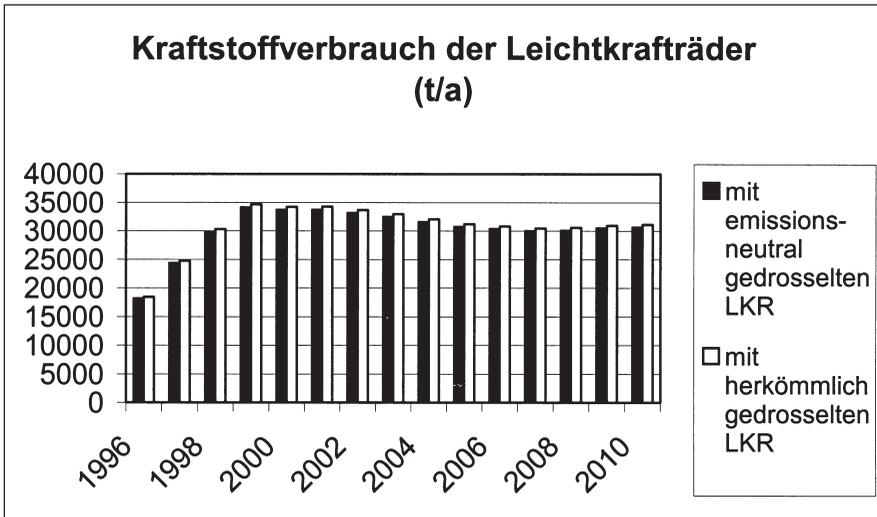


Bild 5: Vergleich des Kraftstoffverbrauches der Leichtkrafträder bei herkömmlicher und emissionsneutraler Drosselung

Die Schwankungen der Gesamtemissionen über den Zeitraum von 15 Jahren sind korreliert mit dem Bestand bzw. der Fahrleistung. Deutlich zu erkennen ist die starke Zunahme des Bestandes und die damit verbundene Emissionserhöhung Ende der 90er Jahre. Für die Komponenten CO und HC tritt außerdem der Einfluss der Grenzwertgesetzgebung hervor, was bis 2010 zu einer Halbierung der Emissionen gegenüber denen im Jahr 2000 führt. Hier ist die Richtlinie 97/24/EG zu nennen, in der die ab dem 17.06.1999 für Krafträder gültigen Grenzwerte festgelegt sind. In Tabelle 5 sind die für die Krafträder verwendeten Grenzwerte im Vergleich zu den für Pkw gültigen Grenzwerten dargestellt.

			Emissionsgrenzwerte (g/km)		
			CO	HC	NO _x
Krafträder	Richtlinie 97/24/EG	2-Takt	8,0	4,0	0,10
		4-Takt	13,0	3,0	0,30
Pkw	EURO 3	Otto	2,3	0,2	0,15

Tabelle 5: Abgasgrenzwerte der motorisierten Zweiräder und der Pkw

Anteil der jährlichen Emissionen der gedrosselten LKR an den Gesamtemissionen der motorisierter Zweiräder und des Straßenverkehrs

Für das Jahr 1999 wurden zusätzlich zu den Emissionen der Leichtkrafträder auch die Emissionen der motorisierten Zweiräder sowie des gesamten Straßenverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland bestimmt. Tabelle 6 zeigt die Emissionen aller motorisierten Zweiräder im Vergleich zu denen der gedrosselten Leichtkrafträder. Außer für die Kohlenwasserstoffe liegt der Anteil der Emissionen der gedrosselten LKR unter 1%. Die zusätzlichen Emissionen auf Grund der Drosselung haben für HC einen Anteil von 1,9% an den Emissionen der motorisierten Zweiräder. Der Anteil der anderen Schadstoffe liegt im einstelligen Promillebereich. Tabelle 7 zeigt die Emissionen und den Kraftstoffverbrauch des gesamten Straßenverkehrs im Vergleich zu den Werten der gedrosselten LKR. Bezogen auf den gesamten Straßenverkehr haben die Kohlenwasserstoffemissionen der gedrosselten Leichtkrafträder einen Anteil von etwa zwei Promille. Die Kohlenmonoxidemissionen haben einen Anteil von 0,8 Promille, Stickoxide und Kraftstoffverbrauch liegen weit unter 0,1 Promille. Betrachtet man nur die zusätzlichen Emissionen auf Grund der Drosselung, so sind deren Anteile an den Emissionen des gesamten Straßenverkehrs noch einmal deutlich geringer.

	Emissionen in 1999 (t/a)		Anteil der Emissionen der gedrosselten LKR an denen der MZR	Anteil der zusätzlichen Emissionen auf Grund der Drosselung an denen der MZR
	der motorisierten Zweiräder (MZR)	der gedrosselten LKR		
CO	253.055	2.317	0,9 %	0,87 ‰ ₁₀₀
HC	28.326	788	2,8 %	18,85 ‰ ₁₀₀
NOx	3.028	27	0,9 %	2,05 ‰ ₁₀₀
Kraftstoffverbrauch	415.697	3.513	0,8 %	1,27 ‰ ₁₀₀

Tabelle 6: Anteil der Emissionen und des Kraftstoffverbrauches der gedrosselten Leichtkrafträder an den Gesamtemissionen und am Kraftstoffverbrauch aller motorisierten Zweiräder

	Emissionen in 1999 (t/a)		Anteil der Emissionen der gedrosselten LKR an denen des Straßenverkehrs	Anteil der zusätzlichen Emissionen auf Grund der Drosselung an denen des Straßenverkehrs
	des Straßenverkehrs	der gedrosselten LKR		
CO	2.751.651	2.317	0,084 %	0,080 ‰ ₁₀₀
HC	377.662	788	0,209 %	1,414 ‰ ₁₀₀
NOx	810.922	27	0,003 %	0,008 ‰ ₁₀₀
Kraftstoffverbrauch	54.562.002	3.513	0,006 %	0,010 ‰ ₁₀₀

Tabelle 7: Anteil der Emissionen und des Kraftstoffverbrauches der gedrosselten Leichtkrafträder an den Gesamtemissionen und am Kraftstoffverbrauch des Straßenverkehrs

Bewertung und Zusammenfassung

Die berechneten Emissionen der Leichtkrafträder sind insbesondere für den Anteil der gedrosselten LKR nur als grobe Abschätzungen anzusehen. Erstens wurden die Bestände der betroffenen Kraftradkategorien sowie die Aufteilung in 2-Takt- und 4-Takt-Maschinen für den Großteil der betrachteten Jahre nur geschätzt. Zweitens sind die Aufschläge auf die Emissionen, die sich an den Daten der Abgasprüfstelle Adlershof orientieren, nur für einen kleinen Geschwindigkeitsbereich bei Fahrbahnen ohne Längsneigung gültig und nicht auf alle Leichtkrafträder gleichermaßen übertragbar. Drittens wurden die Emissionen aller Fahrten auf Autobahnen

und außerorts mit dem Aufschlag versehen, obwohl auf den Straßen beider Kategorien nicht zu 100% mit einer Geschwindigkeit von 80 km/h gefahren wird. Viertens kann der subjektive Fahreindruck im Abregeldrehzahlbereich unangenehm sein, so dass der Fahrer das Gas soweit wegnimmt, dass der Drosselbereich verlassen wird. Die letzten beiden Punkte machen deutlich, dass es sich bei den errechneten Emissionen der gedrosselten Leichtkrafträdern um ein „worst case scenario“ handelt, mit dem eine Obergrenze der möglichen Emissionen der gedrosselten LKR bestimmt wurde. Man kann davon ausgehen, dass die im praktischen Fahrbetrieb auftretenden Zusatzemissionen unter 50% der hier ermittelten Werte liegen.

Für eine Relevanzabschätzung bzw. eine Abschätzung der Größenordnung der Emissionen der gedrosselten LKR ist das Zahlenmaterial jedoch geeignet. Absolut gesehen führt die Drosselung bei einigen Schadstoffen zu einer Erhöhung des Ausstoßes um über 100 t/. Der Anteil der HC-Emissionen der gedrosselten LKR liegt jedoch gegenüber den motorisierten Zweirädern nur im einstelligen Prozentbereich und gegenüber dem Straßenverkehr im Promillebereich. Die Anteile der anderen Schadstoffe liegen weit darunter.

Literatur

- [1] Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Schadstoffemissionsmessungen an motorisierten Zweirädern, deren Höchstgeschwindigkeit durch Eingriffe in die Zündung auf 80 km/h begrenzt wird“, Umweltbundesamt FuE-Vorhaben 205 06 093/02, Abschlussbericht, 1998
- [2] W. Knörr: „Fortschreibung Daten- und Rechenmodell“, im Auftrag des Umweltbundesamtes UFOPLAN Nr. 298 45 105, Heidelberg, 1999

**Research of an Emission Reduction System
for small Motorcycles**

***Forschung zur Verminderung der Emission
bei kleinvolumigen Motorrädern***

Shanji Akamatsu; Shuichi Ishida; Akira Hamauzu

HONDA R&D Co. – Asaka
Japan

Abstract

Recently, the emission regulations for small motorcycles have become more and more severe in many countries each year. Therefore, an emission reduction system for a small motorcycle, with fuel injection which accurately controls the air-fuel ratio, was investigated based on a four-stroke engine of 100cm³ displacement. The amount of fuel injected is precisely controlled by two maps according to the throttle openings, the engine speed, and the intake pressure. In the control mode, the peak value of intake pressure during the opening of the inlet valve is maintained to avoid the influence of the big pressure changes of a single-cylinder engine. The peak value is also used as a control index. Furthermore, a O₂ feedback control and a three-way catalyst are used to purify exhaust emissions, and a small fuel pump of a power saving type was developed to improve fuel economy. In addition, a control system to obtain excellent start characteristics with a kick-starter was developed.

By developing these systems, hydrocarbon emissions were decreased to about 1/30 of the motorcycle emission regulation limit "Directive 97/24/EC chapter 5" (EURO-1) in Europe compared to the base engine, and the fuel economy has improved by about 20%.

Récemment, les mesures de protection de l'environnement auxquelles sont soumises les petites cylindrées sont de plus en plus sévères. C'est pourquoi un système de réduction des gaz d'échappement pour motocyclette de petite cylindrée, équipée d'injection électronique d'essence qui contrôle le mélange d'alimentation oxygène et d'essence a été développé pour un moteur 4-temps de 100 cm³. La quantité d'essence injectée est précisément contrôlée par deux cartes qui tiennent compte de l'ouverture des gaz, de la vitesse de rotation du moteur et de la pression d'admission. En mode contrôlé, la pression d'admission est maintenue pour éviter les influences des importants changements de pressions. De plus, un capteur d'oxygène et un catalyseur 3 voies sont utilisés pour purifier les émissions d'échappement. Une pompe à essence qui économise l'énergie permet de également de réduire la consommation d'essence.

En développant ce système, les émissions d'hydrocarbures ont été réduites de 1/30 de la limite dictée par la «Directive 97/24/EC chapitre 5» (EURO 1) et la consommation d'essence a été réduite de 20%.

1. Introduction

Recently, the emission regulations for small motorcycles have become more and more severe in many countries each year. For instance, in Thailand, which is the main market for small motorcycles of 100cm³, the fourth emission control is coming into effect now, and a more severe fifth control will be applied from 2003. Conventionally, a system which combines air injection and a catalyst with a carburetor, has been mainly used as a technique to reduce emissions of small motorcycles. When the fuel is supplied by the carburetor, there is a limit to the accuracy of the control of the air-fuel ratio. Achieving an improvement of the exhaust purification performance and the driveability was difficult. Therefore, research was conducted to apply fuel injection to a four-stroke engine of 100 cm³ displacement to achieve an effective emission reduction for small motorcycles.

In this paper, the configuration of a fuel injection system and an exhaust-gas after-treatment device applied to a small motorcycle engine and also its effects are described.

2. Emission Reduction Target Value

In this research, the target value of THC emission was set equivalent to the regulation value for passenger cars in the year 2000 in Japan. This value is about 1/30 of the hydrocarbon limit of the motorcycle emission regulation "Directive 97/24/EC chapter 5" (EURO-1) in Europe. The limit according to the motorcycle emission regulation in the major countries and the target values are shown in Table 1 and 2, respectively.

	CO (g/km)	THC (g/km)	NOx (g/km)
EURO-1 (4 stroke)	13	3	0.3
Japan (4 stroke)	13	2	0.3
Thailand Level 4	4.5	3 (Combined)	

Table 1: Current emission limits for motorcycles

	CO (g/km)	THC (g/km)	NOx (g/km)
Targets	0.67	0.08	0.08

Table 2: Targets emission

3. Outline of the Test Engine

A four-stroke engine of the 100cm³ class, which Honda provides all over the world, was used. The major specifications of the engine are shown in Table 3.

Items	Specification
Bore×Stroke (mm)	50.0×49.5
Displacement (cm ³)	97.2
Compression ratio	8.8
Valve system	OHC 2 Valve
Max. power (kW/ r/min)	5.32/8000
Max. torque (Nm / r/min)	7.23/6000

Table 3: Major specifications of the test engine

4. Emission Reduction Systems

In general, the following technical devices are used to reduce emissions

1. Fuel supply control
 - Fuel injection system
 - O₂ feedback control
2. Exhaust gas purification
 - Three-way catalyst
 - Air injection system

Controlling the fuel flow in small amounts, reducing the weight, maintaining the engine power, and further reducing the cost are required to apply these devices and systems to small motorcycles.

The subjects which should be improved are shown as follows:

1. A fuel supply control which corresponds to large fluctuations of the engine intake pressure
2. A catalyst arrangement by which power output is not decreased
3. A control system with little electrical loads
4. The possibility to start the engine by kick-starter

5. Outline of the Emission Reduction System

Fig.1 shows the diagram of the emission reduction system that was adopted in the research. A 16 bit CPU was used for the electric control unit (ECU) of the fuel injection system. The ECU controls the fuel injection quantity, the injection timing and the ignition timing. Oxygen sensors installed ahead of the catalyst detect the O_2 density, the ECU receives the signal and controls the correct injection quantity. The fuel is fed to the injector by the described gear type fuel pump which is a power saving type installed in the fuel tank. To prevent an increase in the electrical loads, which reduce the fuel economy, the fuel supply pressure was set to 250 kPa. The inlet pipe length with the fuel injection system corresponds to that with carburetor, and bends were reduced as much as possible. The injector was arranged in a position where the fuel spray aims at the back of inlet valve, as shown in Fig. 2.

A three-way catalyst with metal substrate was installed in the muffler as the device to clean the exhaust gas.

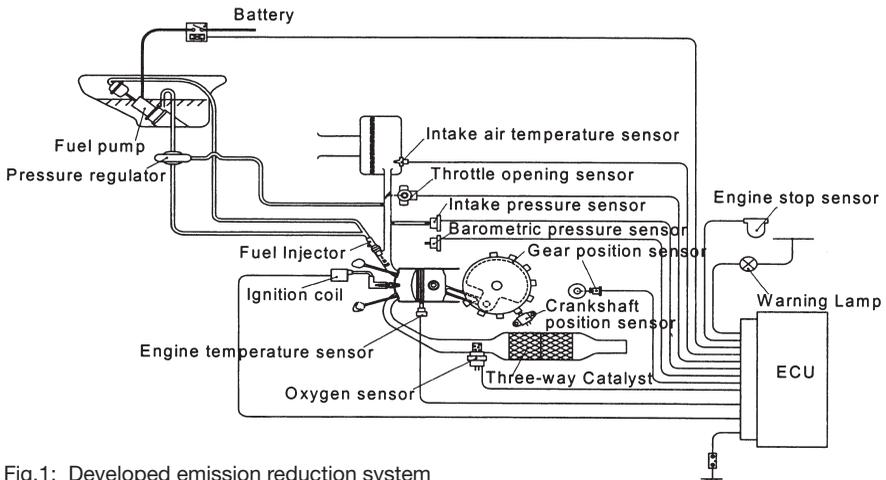


Fig.1: Developed emission reduction system

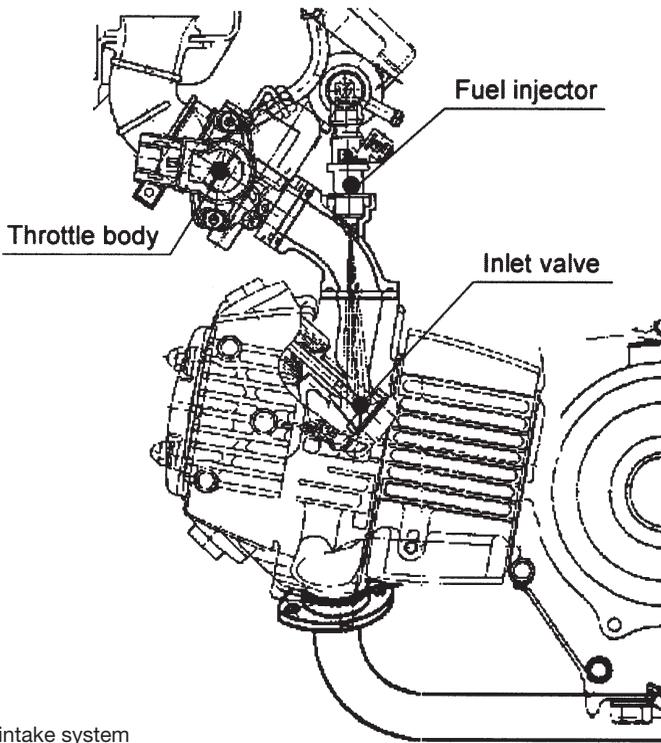


Fig.2: Air intake system

6. Fuel Supply System

6.1 Fuel Injection Control

The fuel injection system has two maps for the control of the amount of fuel injected. The maps used depending on throttle openings and engine speeds are switched.

(1) At low load, detecting a slight change of throttle opening due to the intake pressure, a map of injection amount determined by the engine intake pressure and engine speed is used. This map is called “Engine intake pressure injection amount map”.

(2) At high load, detecting a change of throttle openings, a map of injection amount determined by the throttle openings and the engine speed is used. This map is called “Throttle opening injection amount map”.

The combustion interval of a single cylinder engine is 720° , and the fluctuation change of the intake pressure, which is the origin of the injection amount control, is large. Intake pressure values for the interval of combustion change are shown in Fig.3. Therefore, the intake-pressure cannot be used to control the amount of fuel injected. In the developed system, a peak value of intake pressure when the intake valve opens is maintained. It is also used as an index of the fuel injection amount control. Moreover, in the conventional fuel injection, the reductor is set at a 30 degree interval on the crankshaft to sense the rotational position of the crankshaft ⁽¹⁾. The rotational position and the stroke of the crankshaft are discriminated by the combination of the signal of the camshaft position sensor and the signal of the reductor. However, the camshaft position sensor was eliminated in this system. Instead, an interval of each reductor installed on the crankshaft is set to 120° , and a system is adopted in which the rotational position of the crankshaft is determined by detecting the reductors. The stroke was discriminated by using the intake pressure as the difference between an intake stroke and an expansion stroke.

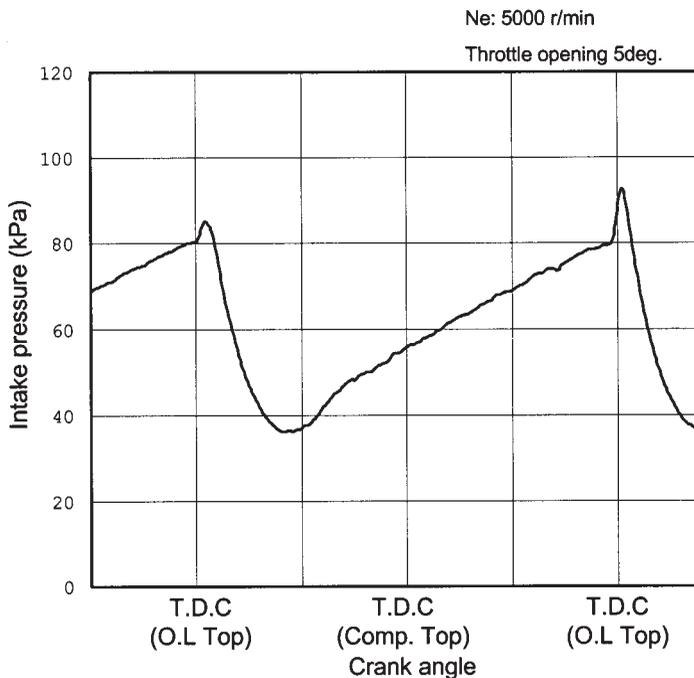


Fig.3: Fluctuation of engine intake pressure

6.2 Fuel Injector

It was necessary to adopt an injector for flowing small quantities suitable for the measurement of a minute fuel supply to be able to apply the fuel injection to a small displacement engine. The fuel flow specifications are shown in Table 4. The effect of fuel particle diameters to the emission was investigated by using three kinds of injectors: the pintle nozzle type, the four-hole plate type, and the air assistance type. The form angles and Sauter's mean diameters (S.M.D) of the injector used in the test are shown in Fig.4. In general, the intake valve opening time is short because motorcycle engines are designed with a high engine speed. Therefore, the injected fuel stays around the intake valve and does not enter the combustion chamber. The remaining fuel is vaporized by the ambient temperature, and enters the combustion chamber. In the test according to the ECE40 mode with warm up cycle, no effect of the different injector specifications was found. Thereafter, the comparison of emissions was tested according to the LA-4 mode without warm up cycle.

	Developed Injector	HONDA VFR800FI
Dynamic Injection quantity at 2 msec (mm ³ /str)	1.68	4.38
Static Injection quantity (cm ³ /min)	107.5	248.5

Table 4: Fuel flow specifications of injectors

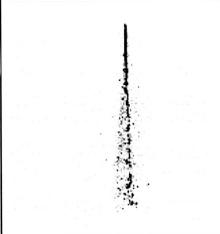
Pintle nozzle	4-hole plate	Air assist
		
SMD:125µm	SMD:95µm	SMD:40µm
Measurement conditions: Fuel pressure: 250kPa Assist air pressure: 26kPa S.M.D: Measured by LDSA		

Fig.4: Comparison of fuel spray by different nozzle type

As a result, it was found that the LA-4 mode is more suitable for the evaluation of the injector diameter type than the ECE40 mode. In the LA-4 mode, NOx has increased although CO and HC decreased by micronizing fuel as shown in Fig. 5. The air assistance type with the smallest fuel particle diameter decreased CO and THC, but NOx increased. Because of those results, the four-hole injector was adopted in the research instead of the air-assist type with its complex structure.

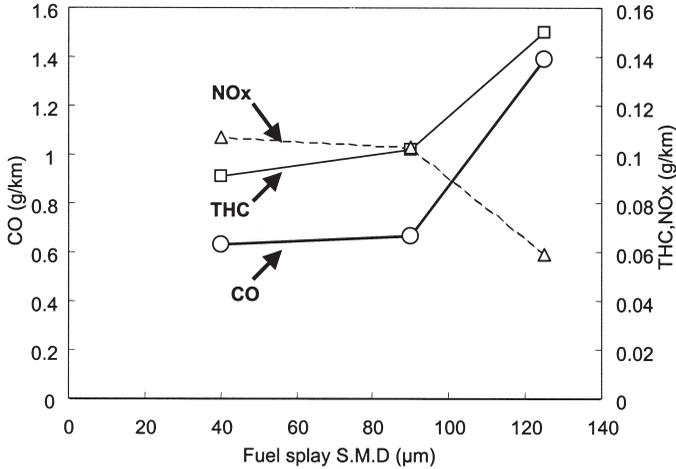


Fig.5: Emission results in LA-4 mode

6.3 O₂ Feedback System

A feedback system using an oxygen sensor was adopted to efficiently use the performance of the installed three-way catalyst, and the air-fuel ratio was controlled stoichiometrically. The fuel injection timing is once every 720° crank angle in a single cylinder engine. As a result, the detection value of O₂ is not steady because the oxygen sensor is influenced by the delay of the injection control and the exhaust pulse. The O₂ feedback system was adopted for the single cylinder engine by optimizing the parameter of feedback control to solve this problem.

7. Exhaust Treatment Device

7.1 Early Activation and Arrangement of the Catalyst

It is necessary to arrange the catalyst in a position where the exhaust gas temperature is high enough to activate the three-way catalyst at an early stage and to pro-

mote purification. However, the exhaust resistance increases at a position where the exhaust gas temperature is high. It is necessary to reduce the exhaust resistance to achieve the required power. The arrangement of a catalyst that fulfils these conflicting demands was studied. Fig.6 shows the exhaust gas temperature of each part in the exhaust system according to the ECE40 emission measurement mode.

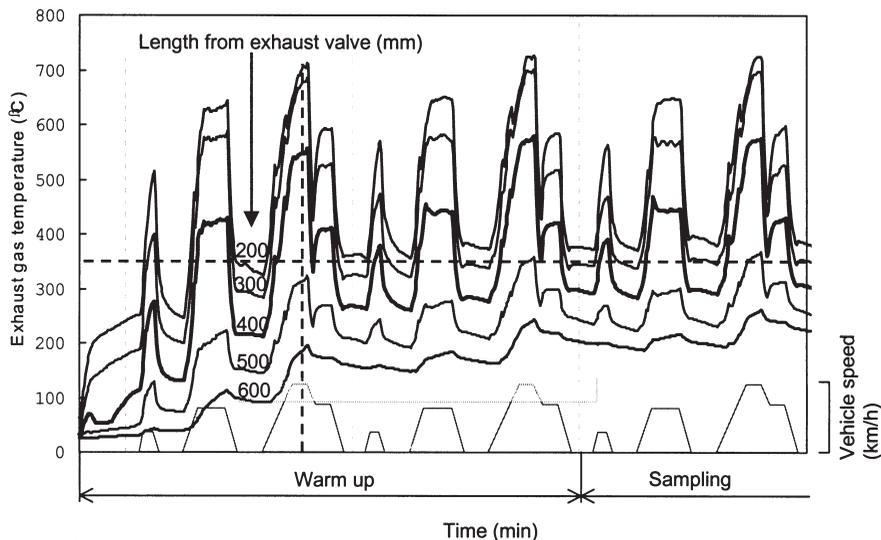


Fig.6: Exhaust gas temperature in ECE40 mode

In the ECE40 mode, the catalyst should be completely activated during two warm-up cycles before the measurement. Therefore, the temperature of the catalyst was set to reach 350 °C or more at the third drive in the first warm up cycle of the ECE40 mode. Because the catalyst was arranged at a position within 480mm from the exhaust valve, the target temperature of 350°C was achieved in the test engine. A computer simulation was conducted using the exhaust gas volume and the required purification rate. The cell number per square inches was set at 300 and the capacity was set at 250cm³. The catalyst arrangement was examined with different catalyst diameters as shown in Table 5. The result of the emission and the output measurement are shown in Fig.7 and 8.

Items	Spec. A	Spec. B
Substrate material	20 Cr 5 Al	
Diameter (mm)	60	40
Length (mm)	90	90
Number of catalyst	1	2
Volume of catalyst (cm ³)	254	226
Substrate cell number (cpsi)	300	
Wall thickness (μm)	50	
Precious matal	Pt/Rh	

Table 5: Specifications of test catalyst

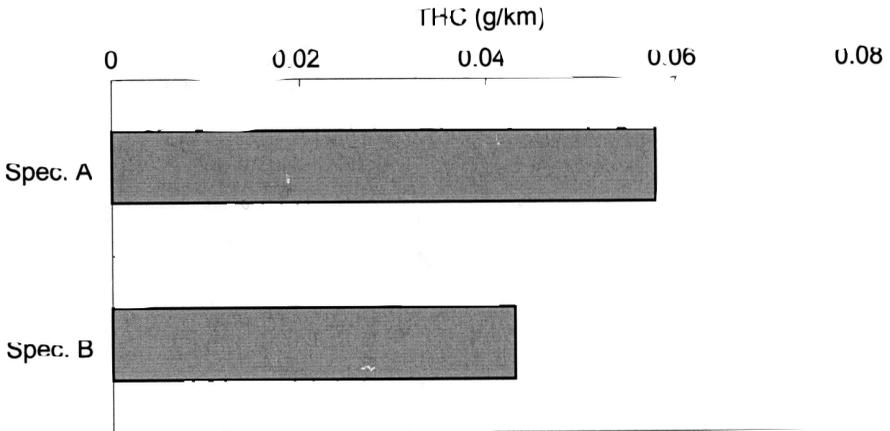


Fig.7: Result of THC emission

A catalyst with a large diameter can use the exhaust pulse in the chamber part in front of the catalyst, and it is also advantageous to obtain higher power as the exhaust resistance is small. However, the installed position of the catalyst moves backwards in the exhaust system because the degree of freedom is limited. Therefore, the temperature of the catalyst falls and the purification rate decreases in comparison with a small diameter catalyst. As a result, the catalyst was installed in a position where the decrease in power could be minimized, but the activation temperature of the catalyst could be maintained. A catalyst with a large diameter of 60mm was adopted, and was set at a position of 460mm from the exhaust valve.

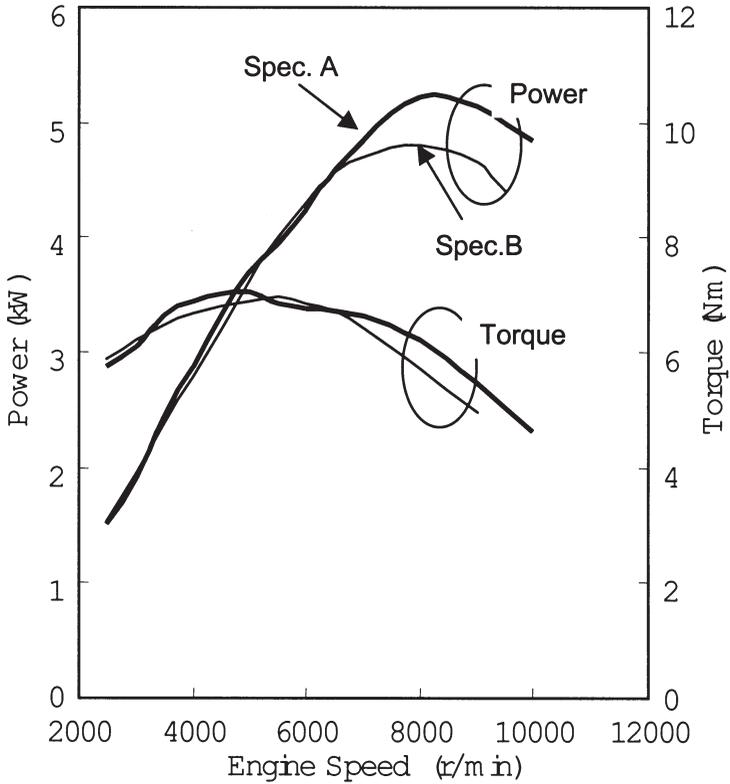


Fig.8: Engine performance of different catalysts

7.2 Secondary Air Induction System (Air Injection System)

The emission reduction effect by the secondary air induction into the exhaust port was investigated. The air injection is operated when the engine is cold and idling, and is controlled by a solenoid valve, which is operated according to signals from the ECU. Fig.9 shows the effect of early activation of the catalyst. It works in the temperature rise of the first drive in the initial stage of the ECE40 mode, and has shortened the activation time of the catalyst to 19sec. However, there was no difference in the temperature of the catalyst when the emissions were measured. As the emission target value could be achieved without air injection, the air injection was not adopted to the developed emission reduction system.

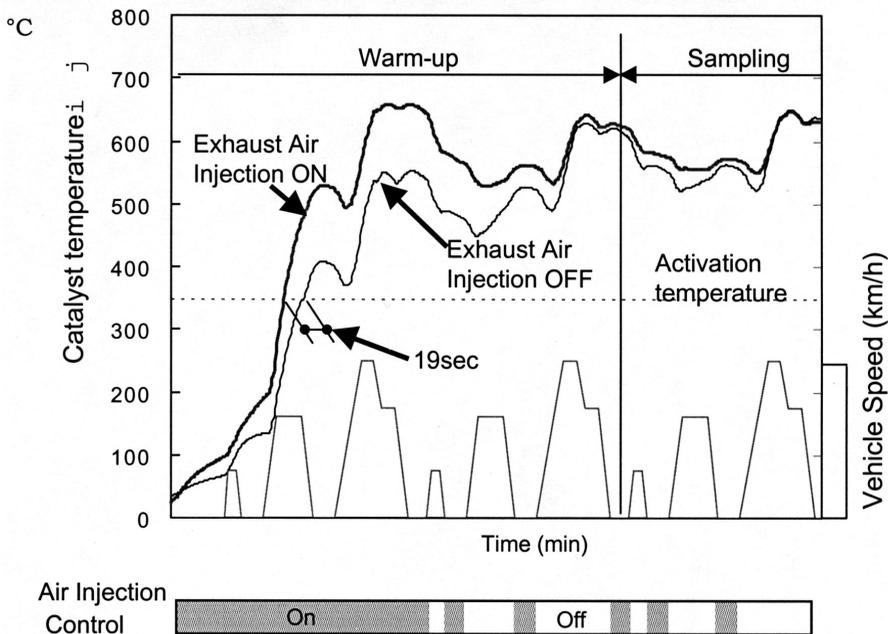


Fig.9: Catalyst temperature in ECE40 mode

8. Fuel Economy Improvement Techniques

8.1 Optimization of Ignition Timing

Because the ignition timing hugely influences the emissions, the fuel economy, and the driveability, the ignition timing is optimally controlled by using a three-dimensional map depending on throttle opening and engine speed. The ignition timing in the partial area was advanced compared to the base engine by 10 degrees in maximum, according to the throttle openings. The advanced angle has improved the fuel economy by 5%, according to the ECE40 mode. Fig.10 shows the 3-D map for the ignition timing.

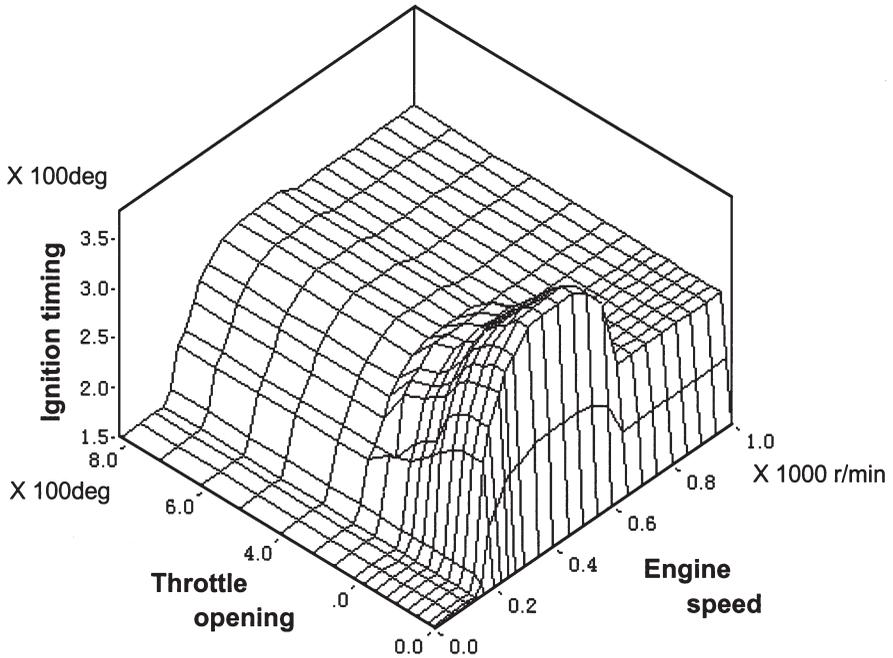


Fig. 10: 3-D map for the ignition timing

8.2 Low Current Fuel Pump

For the fuel pump of small motorcycles, a power saving is necessary because the power generation capacity is small. To achieve this, a highly effective capacity type pump was selected, and an internal gear type was adopted. At first, the use of a pump for passenger cars was examined. But it was difficult to produce a low current because the friction area and the friction loss of the passenger car pump were large. Then, a trochoid gear, which reduced the outside diameter and the plate thickness to decrease the driving torque, was newly developed. Also, by winding thin copper wires on the rotor of the electric motor, an efficient magnet is adopted and the output density is improved. Thereby, a low current was achieved and a power saving fuel pump was realized. Fig.11 shows the characteristics of the passenger car pump and the improved pump for the motorcycle. Additionally, in this system, as shown in Fig.12, adopting an optimal fuel injection with a stoichiometric control of the air-fuel ratio, and fuel cutting during deceleration the fuel economy has been improved by 20%, compared to the base engine, according to the ECE40 mode.

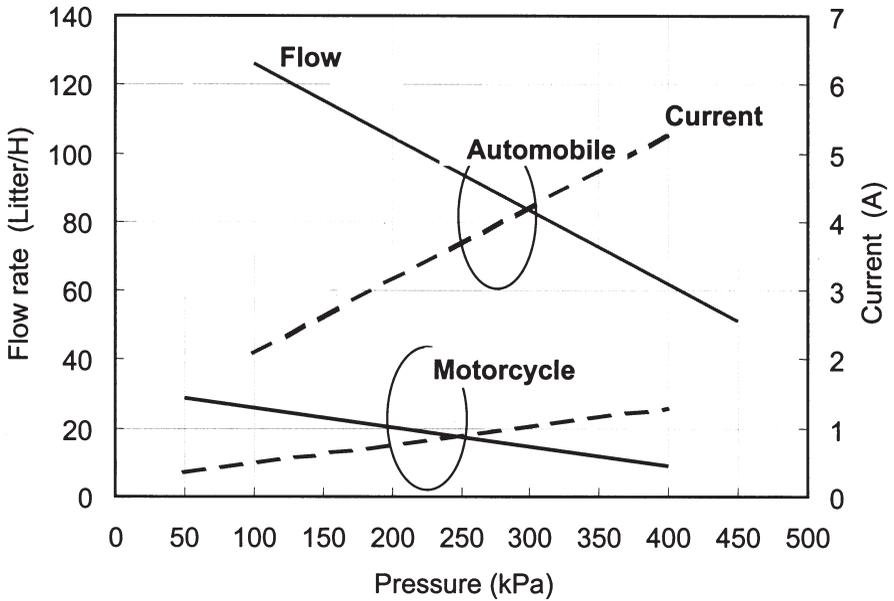


Fig.11: Features of the developed pump for motorcycles

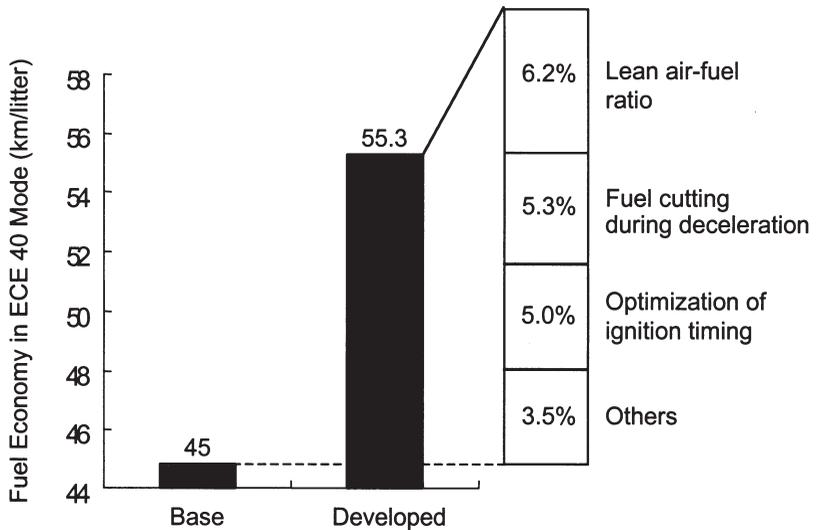


Fig.12: Fuel economy improvement

9. Control of the Kick Start

For a small motorcycle, kick-starting of the engine is important. When the engine is kick-started, the crankshaft is only rotated 5 or 6 times by one kick. Moreover, to control the fuel injection, about three rotations are required from the beginning of the crankshaft turning up to the actual injection of fuel. This is needed for the timing detection of the fuel injection and the necessary calculating time for it. Normally, the start fails easily because of the invalid rotations, there are only one or two timings with ignition. To improve this, a sensor detects when the crankshaft is beginning to turn by signals from the pulsar, and a starting control is adopted. This means that the fuel injection starts when only five signal pulses were detected. By this control method, the startability becomes equal to that of the base engine.

10. Test Results

The test results of the 100cm³ single-cylinder four-stroke engine in which the fuel injection system, the O₂ feedback system and the ignition timing control system are adopted, are shown below for emission, fuel economy, and power.

1) ECE40 Mode Emission

	CO (g/km)	THC (g/km)	NOx (g/km)
Result	0.44	0.058	0.023
Target	0.67	0.08	0.08

Table 6: Test results of ECE40 mode emission

2) ECE40 Mode Fuel Economy

Fuel economy has improved from 45.0km/l of the base motorcycle to 55.3km/l which is about 20%.

3) Engine Power

Engine power has decreased from 5.32kW of the base engine to 5.22kW which is about 1.9%.

11 Conclusions

An emission reduction system for small motorcycles with a single-cylinder engine was developed, and the emission target for the small motorcycle was achieved.

- 1) By adopting O₂ feedback and a three-way catalyst, emissions were reduced to less than 1/30 of the EURO 1 limits for CO and THC and to 1/10 of the EURO 1 limits for NO_x.
- 2) The fuel economy was improved by 20% by the setting of a lean air-fuel ratio, by optimizing the ignition timing control, and by adopting a fuel pump of a power-saving type.
- 3) The requirements of the power performance and the early activation of the catalyst were achieved by the selection of the catalyst size, the position of the catalyst, and by increasing the back pressures by 2%.
- 4) The fuel injection system for small motorcycles was optimized by controlling small fuel amounts by a peak hold vacuum sensor. To provide an inexpensive system, the camshaft position sensor was not used.

Reference

- [1] Masahiko Abe et al, "Exhaust emission reduction for the VFR800FI", International Motorcycle Conference (Ifz Conference), Germany, 1998

**Exhaust Pollution Abatement Technologies and
the Requirements for a world-wide Motorcycle
Emissions Test Cycle**

***Schadstoffverminderungstechnologien und Anforderungen
an einen weltweiten Motorrad Emissionsprüfzyklus***

Rudolf Rijkeboer

TNO-Automotive – Delft
The Netherlands

Cornelis Havenith

The Netherlands Ministry of the Environment (VROM) – The Hague
The Netherlands

Abstract

Because of the steadily increasing improvement of the emissions situation with passenger cars there is an increased desire for the emissions abatement of other sources, such as motorised two-wheelers. The emission standards recently proposed by the European Commission for 2003 will be followed by a further tightening of these limits from 2006.

The paper gives an overview of the state of the art and of the potential of available emissions abatement techniques for different types of engines, divided per category and class of motor cycle. In an evaluation the expected time-frame for the feasibility of a practical introduction of different emission abatement techniques and their cost efficiency will be discussed.

An adequate emissions certification procedure and more especially an adequate test cycle is an extremely important instrument to assure that emissions in the field decrease in the same order as the tightening of the emission standards. The basic requirements of an adequate type test procedure, avoiding the shortcomings of the today's test, are discussed and a approach for developing a new emissions test cycle is presented.

Die Schadstoffemission von Personenkraftwagen hat sich in den letzten Jahren zunehmend und in erheblichem Maße verringert. Dieses hat den Wunsch nach emissionsmindernden Maßnahmen bei anderen Verkehrsquellen wie z.B. auch bei Motorrädern verstärkt. Die Europäische Kommission hat vor kurzem verschärfte Grenzwerte für 2003 vorgeschlagen. Ab 2006 sollen weiter verschärfte Grenzwerte für Motorräder in der EU gelten.

Im vorliegenden Beitrag wird, ausgehend vom Entwicklungsstand heutiger Motorräder, eine Potentialabschätzung möglicher Technologien zur Schadstoffemissionsminderung vorgenommen. Außerdem wird für die unterschiedlichen Arbeitsverfahren und verschiedenen Größenklassen der Motorräder der Zeitrahmen für eine zuverlässige breite serienmäßige Anwendung dieser Technologien diskutiert.

Eine wichtige Anforderung an ein geeignetes Zertifizierungsverfahren ist, daß der Emissionsprüfzyklus eindeutig das wirkliche Fahrverhalten in der Praxis repräsentiert. Nur auf diese Art kann sichergestellt werden, daß bei einer Verschärfung der

Grenzwerte eine Verminderung der Schadstoffemissionen im Prüfzyklus auch im gleichen Maße einer Verminderung im tatsächlichen Fahrbetrieb entspricht. Die Voraussetzungen für die Sicherstellung dieser Anforderung bei der Entwicklung eines neuen Prüfzyklusses werden diskutiert. Im Vergleich zum zur Zeit gültigen Prüfzyklus werden das tatsächliche Fahrverhalten und die Technologie heutiger Motorräder besser berücksichtigt.

En raison de l'amélioration continue de la situation d'émissions des voitures particulières il y a un désir accru pour une réduction d'émissions d'autres sources, telles que les deux-roues motorisés. Les normes d'émissions récemment proposées par la Commission Européenne pour 2003 seront suivies d'une étape ultérieure dès 2006.

Ce papier donne un aperçu de la situation actuelle et du potentiel des techniques de réduction d'émissions disponibles pour différents types de moteurs, divisés par catégorie et classe de moto. Une évaluation des délais prévus pour l'introduction pratique des différentes techniques de réduction d'émissions et de leur efficacité économique est discutée.

Une procédure adéquate de certification d'émissions (plus particulièrement un cycle d'essai adéquat) est un instrument extrêmement important à assurer que les émissions réelles sont comparables aux normes d'émissions. Les conditions de base d'une procédure d'essai adéquate, évitant les imperfections de la procédure d'essai actuelle, sont discutées et une approche pour développer un nouveau cycle d'essai d'émissions est présentée.

Outline of the emissions situation

With the increasing stringency of the exhaust emission requirements for passenger cars and trucks, other sources begin to become of increasing importance. One of these other sources are motorcycles. Exhaust emission legislation for motorcycles does in fact exist since 1979 in an ECE context, but the requirements are not very demanding and the test procedure was at that time set up without much consideration, if any, for the typical patterns of use of motorcycles. Mainly for that reason the test has been adapted into the national legislation of only very few countries. Consequently scientifically supported figures for the relative contribution of motorcycles to the overall emission situation are scarce and imprecise. This is not to say, however, that any general indication is totally lacking. Recently a qualified best estimate was made of the actual emission factors of motorcycles in traffic, together with an inventory of the European fleet and its patterns of use, in a consultancy report to the European Commission [1]. These factors were then fed into the calculations of the Auto-Oil II programme. The results showed that the contribution to the total traffic-generated emission amounts to about 7% for CO, about 4% for HC and less than 0.5% for NO_x in the year 1998. In itself these figures do not give cause for concern.

There are two reasons, however, why motorcycle emissions should not be neglected. One is the claim that was emphatically made by the Member State Germany that motorcycles are mainly used for recreational purposes and that their use is consequently concentrated on summer weekend days. On such days their relative contribution would therefore be much higher than would follow from the overall share given above. And since exactly hot summer days may be specifically smog sensitive, the problem will then be underestimated by the overall figure. Partly for this reason Germany feels that in the long term the emissions of motorcycles should not exceed those of the EURO 2 level for passenger cars. It should be pointed out that the statement that motorcycles are mainly used for recreational purposes is in itself only true for north-European countries, whereas in the south they are much more used on a day-to-day basis. But that does not of course negate the German argument. A brief sensitivity analysis with estimated 'correction' factors did indeed yield as a first result that for Germany the contribution of HC on summer weekend days might be as high as 20%. Even if this may be a kind of upper limit for the interval, it does confirm that further consideration is necessary.

A second reason is the fact that with the further decreases in car and truck emissions that have already been decided, the relative share of motorcycle emissions would increase sharply if no further measures were taken. This is illustrated in Fig. 1, that graphically represents the results of the A-O II calculations. These considerations were reasons for the European Commission to propose a further tightening for the legislation of exhaust gases from motorcycles.

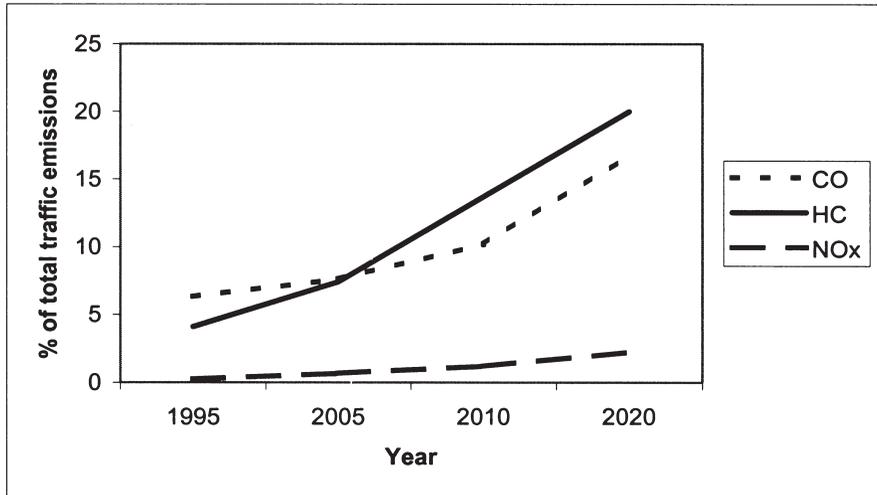
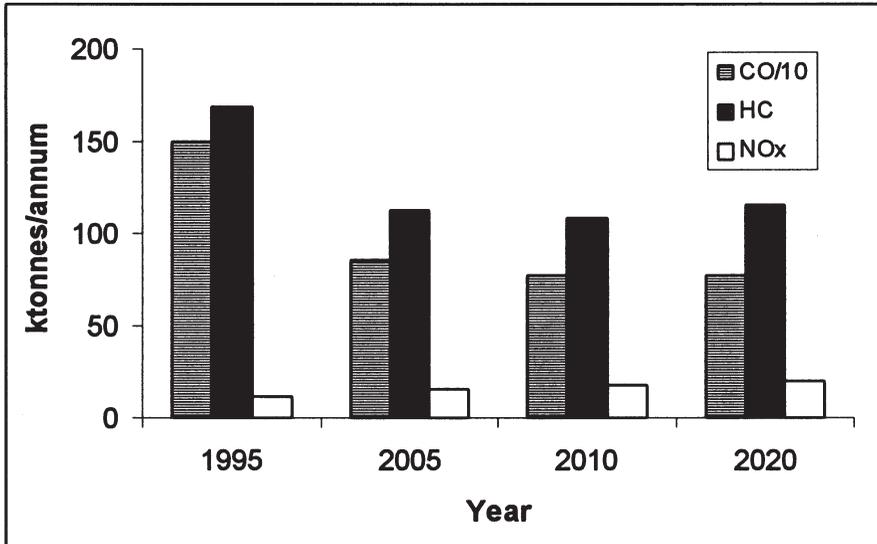


Fig. 1: Annual emissions (above) and relative share in the total traffic generated emissions (below) for the no further policy case

The type approval situation in the EU

Already in 1992 the European Commission has made a proposal for a so-called Multidirective concerning motorised two-wheelers (mopeds and motorcycles). Due to differences of view between the European Parliament and the Council this

Multidirective was only agreed in 1997. It contains a section on exhaust gas emissions. That section stipulates a first emissions phase coming into force on 17th June 1999, based on the test procedure of ECE Regulation 40, but with tighter limits. In the same section it is stipulated that for motorcycles the Commission will come with a proposal for a second phase within 24 months of the publication of the Multidirective. With a view to this proposal the Commission had asked the motorcycle industry to come with a study outlining the possibilities and the related costs of a further tightening of the limits [2]. When, however, some Member States subsequently judged this study not sufficient for a final decision, the aforementioned consultancy study was commissioned. In this study a number of recommendations was made, of which, within the context of this paper, the main ones were:

- The further legislation should be taken in two steps (phase 2 and phase 3)
- A more adequate, scientifically supported, test procedure should be developed. This new test procedure could be incorporated in phase 3; in the meantime phase 2 should still use the existing ECE 40 procedure.

These recommendations were taken into account by the Commission in their subsequent proposal [3].

The test procedure situation world-wide

Most countries in the world that do have a motorcycle exhaust gas legislation, use the test cycle described in the ECE Regulation 40, or the equivalent ISO 6460 cycle. This cycle was derived from the ECE 15 passenger car cycle. The USA simply uses their own LA-4 passenger car cycle or, for small machines, one that has been directly derived from it. Only India is at present using a cycle that is based upon actual measurements of motorcycles in use.

The ECE 15 passenger car cycle has a long history. It dates from 1968, and at the time it was based on hardly any measured input beyond the average speed. It was a combination of work done by UTAC in Paris and by TÜV-Rheinland in Cologne. In the case of ECE 40 the R15 cycle was simply borrowed, since the time was lacking to develop a dedicated cycle, for which there would have been no money either. It is a so-called modal cycle, where the speed-time trace consists of a combination of straight lines. The LA-4 cycle is a so-called transient cycle, with a continuously varying speed-time trace. It is a real-world cycle representative for car traffic in the urban environment of Los Angeles. It was introduced in 1972. The India Drive Cycle (IDC) is a modal cycle, but based on measured behaviour; it is slightly more dynamic in character than the ECE 15 cycle.

Available emission abatement techniques

Traditionally motorcycles, even the less sporty ones, are laid out for good performance. Maximum engine speeds are high in comparison to those of car engines, and so are, consequently, the available engine speed ranges. This is already true for scooters and small utility bikes, and all the more so for sports bikes. In the interest of throttle response carburetors (usually of the constant depression type) and rich mixtures are commonly used. In the smaller types for reasons of manufacturing cost the two-stroke operating principle is still common. Simple portcontrolled two-strokes have a notoriously high scavenge loss, which may easily amount to 30% of the induction mixture. The most likely emission abatement techniques for two-stroke engines would be the following:

- Catalytic afterburning may get rid of much of the scavenge losses. This is a relatively cost effective way to reduce the HC-emission resulting from these losses by a good factor. The catalyst needs only to be an effective oxidator. Such measures can be introduced rather quickly. The cost-effectiveness should be good (but see below for durability). In fact the moped markets in Switzerland and Austria have already seen such measures, as have some markets in the Far East (Taiwan). In a next stage direct injection would get rid of the scavenge losses completely. This is a much more advanced technology. It is also more costly, because it involves a complete redesign of the engine. It is a middle term option.

For four-stroke engines the main problem is the emission of CO and HC due to rich mixtures. Such mixtures are used since they ease the calibration and tend to improve driveability, especially for single cylinder engines.

- On small four-strokes a leaning of the mixture in combination with an oxidation catalyst might already give acceptable results. This is a matter of recalibration, which can be done on relative short notice. If not enough oxidation air is present a form of secondary air injection (SAI) may help. In fact SAI may even help to some extent without recalibration. In the longer run some form of electronic fuel injection might be needed so as to control the inlet mixtures to the best extent. This would be a more costly solution. It also asks for a longer leadtime.
- For larger four-strokes mixture preparation through electronic fuel injection (EFI) would be the most likely first step. This could be combined with an oxidation catalyst for the first stage, and a lambdacontrolled 3-way catalyst in the next. The addition of a catalyst is relatively simple in itself, but may still ask for a partial redesign of the exhaust system and, in an unfortunate case, of the covering fairing. The installation of EFI asks for a complete calibration of the fuelling. For this reason it is best regarded as a middle term option. On the positive side stands that the installation of EFI has already started on performance grounds.

Generally speaking the question of durability of emission abatement is one that necessarily has to be answered at the same time. The European commission intends to have a study made into this aspect and the question of I&M (inspection and maintenance) is at present under study in a large project by CITA, on request of DG TREN (TRANSPORT and ENERGY).

Table 1 gives the estimated approximate emission performance of the various technologies based on the present ECE 40 test cycle.

	Base case	oxicat	DI	DI+oxicat		
small 2-str.						
CO	10	4	8	3.5		
HC	7	3	2	1.3		
NOx	0.05	0.05	0.12	0.12		
	Base case			SAI	AI+oxicat	3w-cat
small 4-str.						
CO	10			5	2.5	1
HC	1			0.8	0.6	0.2
NOx	0.2			0.3	0.3	0.1
	Base case	EFI		EFI+SAI	EFI+SAI +oxycat	3w-cat
med. 4-str.						
CO	20	7		3	2	2
HC	1.3	0.8		0.6	0.5	0.35
NOx	0.15	0.17		0.18	0.2	0.07
	Base case	EFI		EFI+SAI		3w-cat
big 4-str.						
CO	20	7		3		2
HC	2.5	1.5		1.1		0.5
NOx	0.13	0.15		0.16		0.07

Base case = situation before EU 1; oxicat = oxidation catalyst; DI = direct injection; SAI = secondary air injection; 3w-cat = lambda-controlled 3way catalyst.

Table 1: the estimated approximate emission performance for various technologies

Figure 2 gives the present and coming emission requirements of EU on the basis of these considerations. The Commission has made a proposal to this effect. According to this proposal phase 2 (EU 2) will come into effect in 2003, and phase 3 (EU 3) in 2006. The figures given for EU 3 are indicative requirements, on the basis of the present test cycle (although minus the first 40 seconds of idling). Especially the required reduction in HC is significant. The Commission has focusses more especially on the reduction of HC and does regard the reduction of NOx for this class of vehicle as less urgent.

When talking of the use of catalysts on motorcycles one should be aware that this application provides a special challenge and that it is not a case of simply trans-

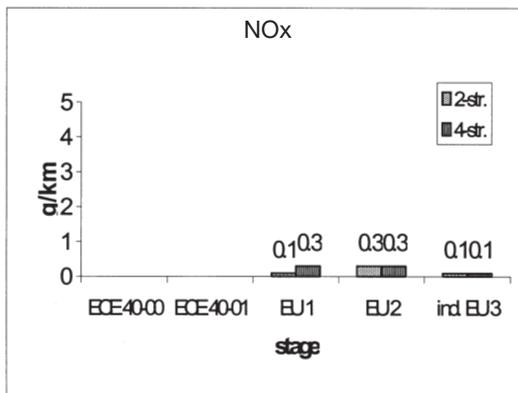
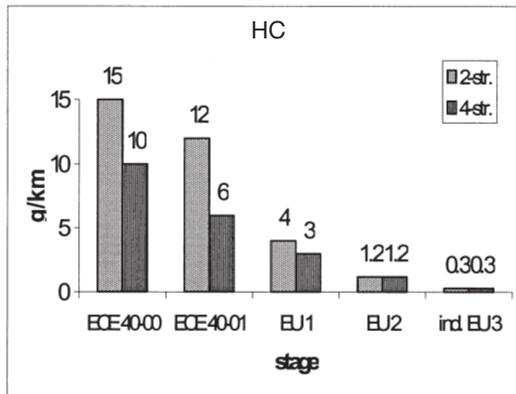
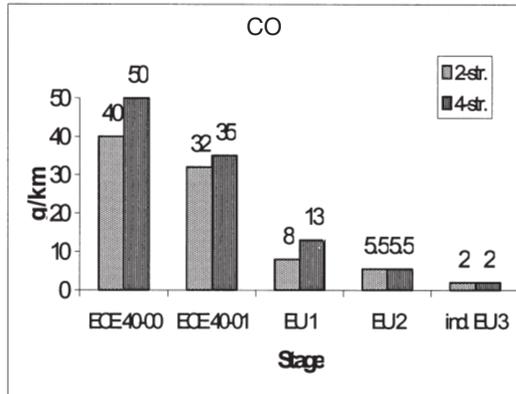


Fig. 2: The emission limits of the ECE and the EU

ferring the technology from passenger cars. Motorcycle manufacturers point out that exhausts are often split per cylinder, meaning very pulsed flows. Exhausts are fixed rigidly to the frame, causing vibrations. Consequently high demands are made on the mechanical strength of the catalyst substrate. Engine speeds are high and have a large operating range, requiring ultra fast electronics in the case of electronic control. As will be argued later, the speed of lambdacontrol is of great importance for the actual emission performance on the road (as opposed to the emission performance in the present certification cycle). According to the catalyst manufacturers typical conversion rates are 60–65% on a two-stroke oxidation catalyst and 70–75% on a four-stroke catalyst, which is a long way off from the 95% or more for a car catalyst. Likewise proven durability is less than that of a car catalyst. Whereas the assumed durability of a car catalyst approaches the lifetime of the car, the catalyst manufacturers quote a useful life for a catalyst on a bike as 20,000 to 30,000 km for two-strokes and 50,000 km for four-strokes. On the other hand in the majority of cases this would mean a much longer life in years than the equivalent mileage for a car. But the durability aspects of motorcycle exhaust gas limits should even so be the subject of further study.

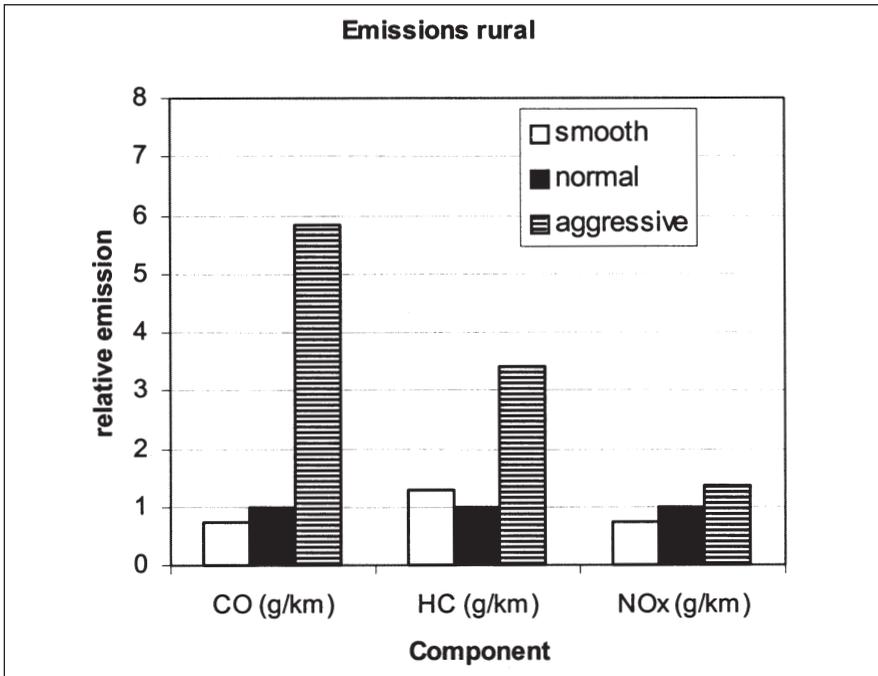


Fig. 3: The average emissions of a number of cars for different driving dynamics

The development of a worldwide harmonised test cycle

In the seventies and eighties motorcycle emissions had no great priority with western governments; problems with passenger cars and later trucks had much greater priority. The first international legislation had as its main driving force the elimination of technical barriers to trade. It is not without significance that exhaust gas Regulations and Directives were proposed by the Transport Division (ECE) and DG Enterprise (EU). White spots on the map were filled in to avoid national legislation on the point. Once dealt with they could be 'forgotten'. At first in the eighties, and fully in the nineties, real environmental legislation began to be made, and existing legislation was reconsidered from a more strictly environmental point of view. When in this context motorcycles came back into the picture the adequacy of the existing procedure became a serious point of consideration.

In the Netherlands the need for reconsiderating the test procedure was already felt in the middle nineties. It was realised that even the most stringent legislation is senseless when the testing procedure is no true representation of the actual use of the vehicle. It would increase cost, without any guarantee that the situation in the field would in reality be improved. Contact was sought with the motorcycle industry to sound out their feelings on the subject. Eventually this led to a tripartite project between the Dutch Ministry of the Environment (VROM), the Dutch research organisation TNO (in this context: TNO-Automotive) and the International Association of Motorcycle Manufacturers (IMMA). This project started early 1999; its aim was to develop an adequate, scientifically supported, test cycle, that would have a true relation with the situation in the field. Secondary aim was that this new test cycle should, if at all possible, be for world-wide use. The acronym for the project is WMTC (world motorcycle test cycle). After a start as a tripartite project and by the time its technical feasibility was beyond doubt, it was presented as a project in the ECE, to be carried out under the heading of the new Global Harmonisation Agreement. That means that the project by now has a larger scale, with many more countries involved. Also the scope has been extended from the development of a new testcycle to the development of a new worldwide harmonised certification procedure. Since May 2000 there is a GRPE ad-hoc group overseeing this extended project.

Requirements to a real-world test cycle

The present test procedure simulates only warmed-up urban driving, and even that in an inadequate way. A study of the TU-Darmstadt [4, 5] has revealed much about the actual patterns of use of larger motorcycles in Germany. User enquiries by Piaggio give good information about the characteristic use of smaller utility bikes

	cold urban	hot urban	country roads	motorway
Current cycle		only this		
Necessary cycle:				
Scooters and small utility	important	less important		
medium class and touring	important	less imp.	important	
	less imp.	important	important	less imp.
big and sporty	less imp.	less imp.	important	less imp.

Table 2: The importance of traffic situations for a representative driving cycle for different types of motorcycle

and scooters in South-European countries [6]. From such sources a clear pattern emerges as to the kind of traffic conditions that a representative driving cycle should contain. These are shown in Table 2.

The table shows clearly that the present cycle does not take into account the most important operation conditions for most categories of bike, with the possible exception of part of the operating conditions of a typical touring bike.

Another important aspect of a driving cycle is the dynamics of the driving pattern. The first test cycles for road vehicles were only adapted to the relevant average speed. But for the same average speed a speed-time pattern can vary from a more or less constant speed to a highly fluctuating pattern. This aspect can be indicated as the 'dynamics' of the pattern. Van de Weijer [7] has developed a methodology to quantify these dynamics. Van de Weijer has shown that the dynamics can be quantified by calculating the total positive kinetic energy over a given distance; this positive kinetic energy can be made independent from the vehicle's characteristics by replacing it by the total positive acceleration over this distance. He terms this "Relative Positive Acceleration" (RPA). The background of his theory is in short as follows. Propulsion energy on a flat road is an addition of:

- Rolling resistance
- Air resistance
- Kinetic energy

The energy spent on the rolling resistance is in first approximation directly proportional to the average speed. The energy spent on kinetic energy is directly proportional to the total positive acceleration; this energy is subsequently mostly or totally 'destroyed' in the brakes during deceleration. RPA is simply the sum of the kinetic energy spent on the different accelerations, per unit of vehicle mass and per unit of distance travelled. The energy spent on the air resistance is dependant on the actual speeds driven; for a given average speed this depends fully on the fluctuations around that average, in other words: on the dynamics. For this reason it turns out that the energy spent on driving a given cycle can be adequately characterised by the average speed and the RPA. Van de Weijer shows empirically that this also holds true for the emissions. There are underlying theoretical reasons for this correlation, but these would fall outside the scope of this paper.

When the present cycle is analysed for its RPA against average speed it appears that the RPA is too low, even for the normal use of passenger cars. This is largely caused by its construction out of straight line elements: this automatically leads to low cycle dynamics. Other work by TNO [7] has shown the importance of high cycle dynamics (as shown by the relevant values for RPA) for the emission behaviour. Too low cycle dynamics may lead to a serious underestimation of the emissions as they occur in real-world driving. The cause that was postulated for this phenomenon was that once dynamics exceed a certain level the lambda-control becomes too slow to follow the fast fluctuations in engine speed and load. This played only a small role at the time when the cycle was developed (checks on non-catalysed vehicles have confirmed this) but has become of prime importance since the introduction of lambda-controlled engine management.

Analysis of time-speed patterns measured by two IMMA teams in European cities in 1994 confirmed that the 'normal' use of motorcycles is comparable to that of a sporty driving style for a car (see Fig. 4). Bikes with a high power to mass ratio showed an even more dynamic pattern of use, resulting in an increase with increasing average speed, instead of a decrease. This is probably caused by the fact that such machines are limited in their behaviour by other traffic in denser traffic and are used more dynamically in less dense traffic (which then results in higher average speeds). The more usual pattern seems to be that vehicles go for more steady speeds once the traffic becomes less dense. Recent measurements, performed in 1999, not only in urban, but also in extra-urban situations, largely confirmed these conclusions from 1994 (see Fig. 5). But the 'outlying' behaviour of the high power to mass ratio bikes was only apparent in Europe (urban as well as extra-urban) and not in the USA; in Japan this type of bike was not tested, since apparently that class of bike is not characteristic for Japan. But the conclusion must be that the dynamics of a test cycle, that should adequately reflect the dynamics of the use on the road, are not sufficiently represented in the present cycle.

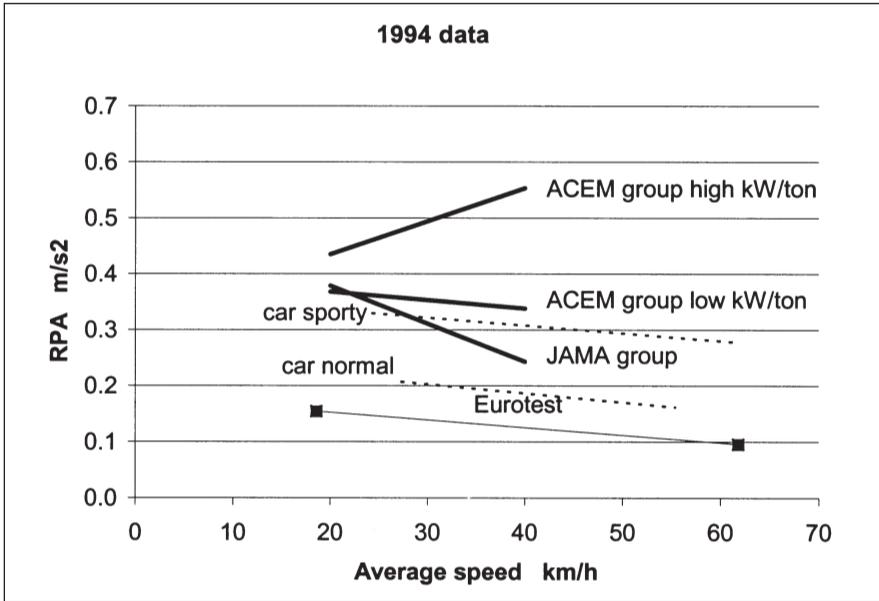


Fig. 4: The dynamics of cars driven normally and sporty and of the motorbikes of the tests of 1994, compared with the standard testcycle

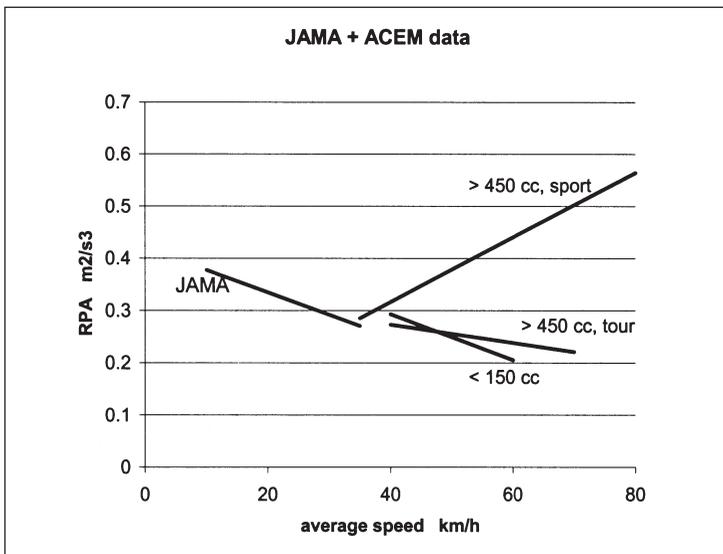


Fig. 5: The dynamics of the motorbikes measured in 1999

Characteristic power to mass ratios of motorcycles

In the light of the importance of the dynamics in the driving pattern of road vehicles in general and motorcycles in particular it may be useful to compare the power to mass ratios of cars and motorbikes. Figure 6 compares these; the figures have been calculated including the driver/rider, which especially for bikes is important. As can be seen small utility bikes already compare well with ordinary cars; bigger

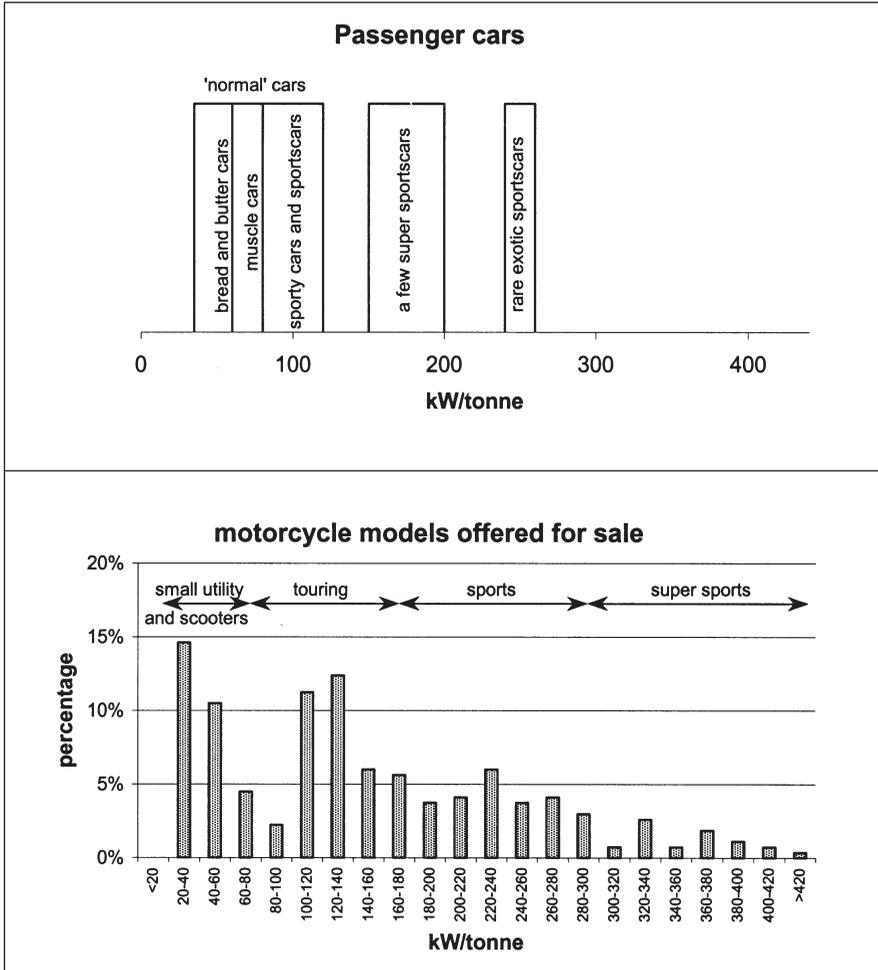


Fig. 6: The power to mass range of cars and motorcycles, on the basis of numbers of models offered for sale in the Benelux

bikes compare with sporty cars that are actually much scarcer in traffic. The real powerful bikes far exceed what is usual in cars. Although bikes with more than 200 kW/tonne (the figure we have used for the change from 'low' kW/tonne to high kW/tonne) may be less frequent in the actual fleet, they are by no means rare in the model range.

The construction of the world-wide testcycle

TNO has developed a methodology to construct real world driving cycles (see Fig. 7). First an analysis is made of the fleet (or fleets world-wide) that is going to be represented. The relevant characteristics (i.e. those that influence the driving behaviour) are determined, together with their frequency of use in the real world. These characteristics are collected in a so-called classification matrix (step 1 in Fig. 7). For each cell of this classification matrix (i.e. each combination of characteristics) a typical driving pattern is sampled (step 2) and its frequency of use is determined, resulting in a characteristic weighting factor (step 3). In the next step (step 4) a so-called reference cycle is constructed. This reference cycle consists of the driving samples of step 2, each multiplied with its own weighting factor. So in the example of Fig. 7 driving sample 1 is taken 20 times, driving sample 2 is taken 5 times, etc. The resulting reference cycle by definition represents the sum of all the relevant driving situations for which the classification matrix was set up, and in the right proportions. It is therefore absolutely representative for real-world driving; but since this reference cycle may easily be of a duration of several thousands of hours it is far too long for practical use as a test cycle. Therefore a testcycle of a duration of e.g. 30 minutes is derived from the reference cycle, representing on average the same typical driving characteristics. For this purpose a number of relevant characteristics for the reference cycle is determined in a numerical way. The technique to derive a testcycle out of the reference cycle is to make a selection of the desired duration from the reference cycle in such a way that the average characteristics of this selected cycle correspond with those of the total reference cycle. This agreement is checked by the chi-square method (step 5). The selected cycle can then be regarded as a representative test cycle.

One particular problem in designing a testcycle for motorbikes is the enormous range in performance, as illustrated by the power to mass ratio (Fig. 6). In the interest of making the cycle possible to drive for smaller bikes and still challenging enough for big bikes the following set-up is envisaged:

The test cycle is split into three parts. For this reason there are in fact three partial reference cycles determined instead of one, i.e. one each for low-speed driving, medium speed driving and high-speed driving. This leads to the construction of three (partial) test cycles that are then combined as indicated in Table 3 (with a

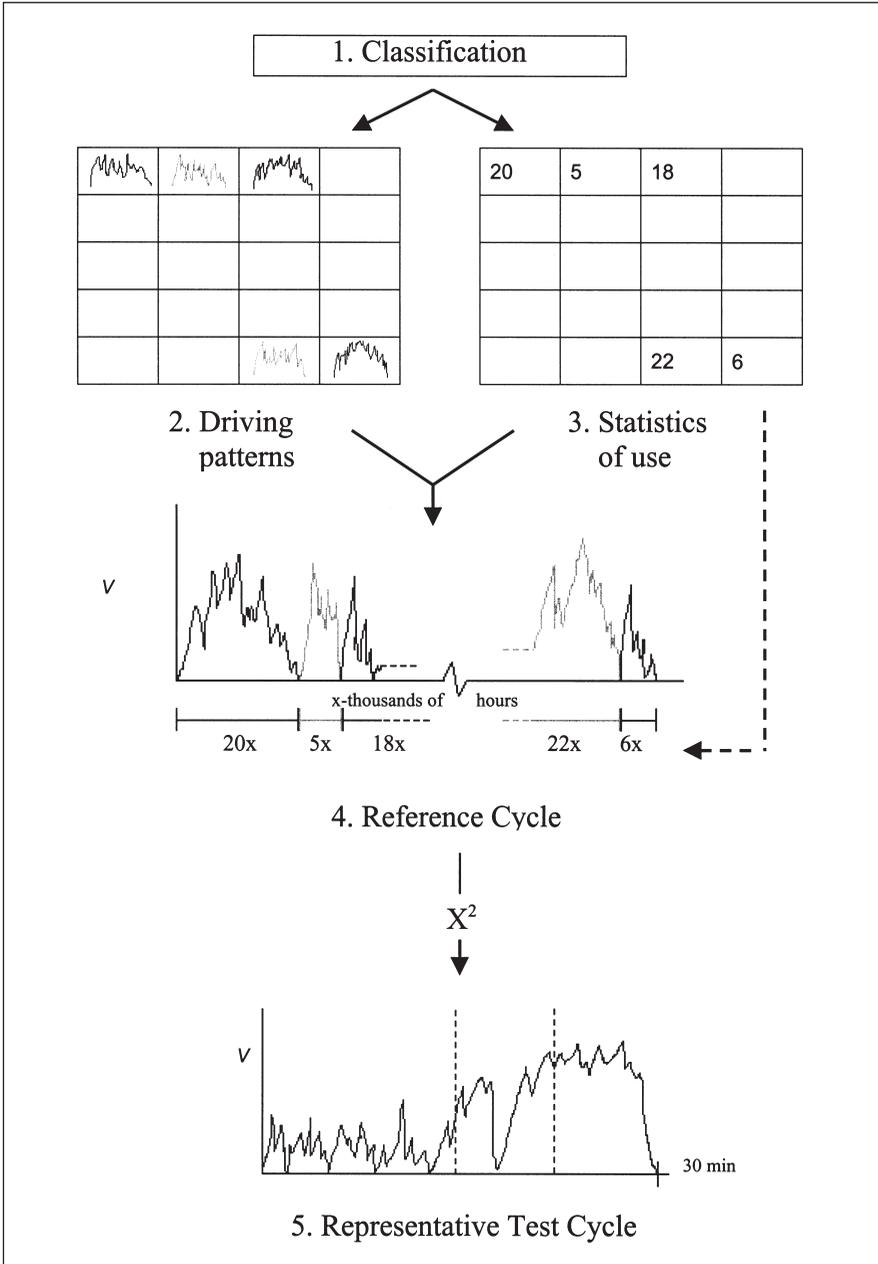


Fig. 7: The development procedure of a representative driving cycle

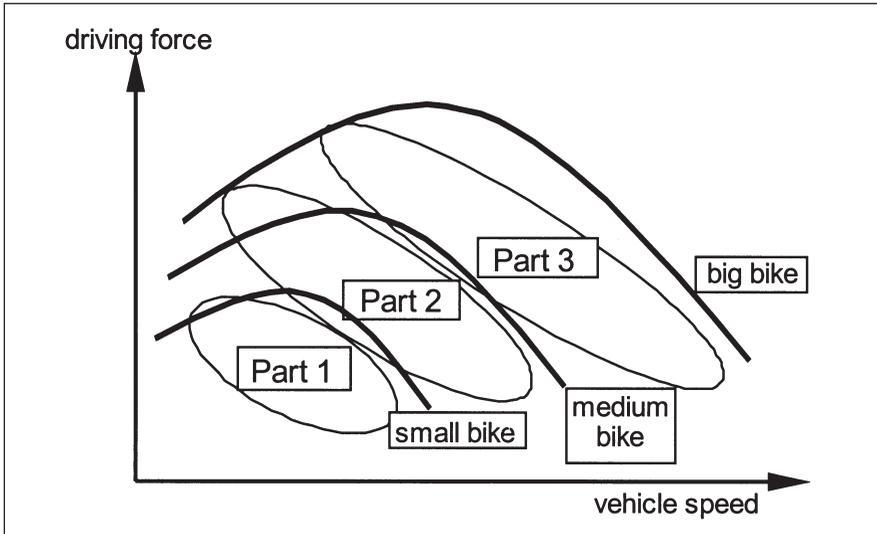


Fig. 8: The use of the three parts of the testcycle for motorbikes of different size and power

different combination for each class of bike). Small bikes only drive part 1. Medium bikes drive part 1 and part 2. Big bikes drive part 1, part 2 and part 3 (see Figure 8). The emission performance of each part is measured separately and the results are weighted according to the characteristic use of that class of bike.

	Part 1 Low speed	Part 2 Medium speed	Part 3 High speed
Small bikes	100 %	--	--
Medium bikes	A %	B %	--
Large bikes	C %	D %	E %

$$A + B = 100\%, C + D + E = 100\%$$

Table 3: The proposed division of the cycle and the share of the parts by different classes of motorbikes

The weighting factors A and B, as well as C to E are chosen in relation to the actual use of the different parts in real-life traffic circumstances. Additionally it may prove necessary to develop a checking tool for bikes with a very high power to mass ratio, to monitor if the lambda-control is fast enough for its dynamics. At this moment the construction of the candidate testcycles is in process. The validation is foreseen for early 2001.

Summary and conclusions

The results from the study so far can be summarised as follows:

1. Based on the annual average emissions the contribution of motorbikes to the total traffic generated emissions does not seem to be of great importance at this moment.
2. Locally and momentarily the share may be higher than average, however, e.g. when bike use is concentrated on summer weekends and to certain (e.g. touristic) regions.
3. In any case an emissions reduction programme is needed so as to avoid that, due to the reductions from other sources, this average would increase in the future. The European Commission has already made a start in this respect.
4. Several effective techniques to reduce emissions are under development. But different timeframes are needed to guarantee large-scale and cost-effective use. For this reason the European Commission has proposed a two-stage approach.
5. The need to effectively reduce emissions in the field necessitates that the test procedure adequately reflects the situation in the field. The present test procedure does not meet this criterion; it does not describe real-world driving behaviour sufficiently well.
6. For this reason a new test cycle is under development. This cycle is a most important feature of a new world-wide certification procedure.
7. A world-wide harmonised certification procedure will facilitate a broad and cost-effective introduction of sophisticated abatement techniques.

References

- [1] Rijkeboer, R. C.: "The motorcycle emission situation – A report to the European Commission". TNO report 99.OR.VM.035.1/RR, Delft June 1999.
- [2] ACEM working group: "The motorcycle industry in Europe, ACEM pollution research programme on motorcycles". ACEM-report, Brussels March 1998.
- [3] Commission of the European Communities: "Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council, amending Directive 97/24/EC on certain components and characteristics of two or three-wheel motor vehicles." COM (2000) 314 final. Brussels 22-06-2000.
- [4] Schröder, F., B. Breuer and R. Schmid: "Betriebsweise und Kraftstoffverbrauch von Motorrädern im realen Verkehr". 2 Internationale Motorradkonferenz, München Sept. 1998.
- [5] Schröder, F. and B. Breuer: "Driving performance and fuel economy of motorcycles in real traffic". Paper 98A7022 of the international conference 'Power two wheels', Pisa Dec. 1998.
- [6] Oral communication by Piaggio, Pontedera 1999.
- [7] Van de Weijer, C. J. T.: "Heavy Duty Emission Factors – Development of representative driving cycles and prediction of emissions in real-life". Ph-D Thesis TU Graz, october 1997.
- [8] Gense, N. L. J.: "Driving style, fuel consumption and tail pipe emissions". TNO report 00.OR.VM.021.1/NG, Delft March 2000.

Entwicklung
Development and Trends

„Durchschlängeln“ von Motorradfahrern

Motorcyclists driving between Lanes

Peter Sandl

ADAC München
Deutschland

Einleitung

Seit Jahren wird in der Biker-Fachwelt heiß diskutiert, ob man auch in Deutschland das Hindurchschlängeln von Motorrädern zwischen wartenden Fahrzeugschlangen zulassen soll. Ein derartiges Fahrverhalten ist in Österreich, in § 12 Abs. 5 Straßenverkehrsordnung (StVO) ausdrücklich sanktioniert und auch in Frankreich, in den Niederlanden, in Italien und in Großbritannien gängige und ungeahndete Praxis.

Meinungsstreit zwischen Bund-Länder-Fachausschuß (BLFA-StVO) und Rechtsprechung

Die Diskussion über dieses Thema wurde erneut angeheizt, als der Bund-Länder-Fachausschuß (BLFA-StVO) im Frühjahr 1999 mit seiner Rechtsauffassung an die Öffentlichkeit trat. Dieses Gremium von Verkehrsrechtsexperten aus Bund und Ländern vertritt die Meinung, daß zumindest innerorts, also im Stadtverkehr, das Durchschlängeln mit einem Motorrad zwischen auf den Fahrstreifen wartenden Fahrzeugschlangen erlaubt sei, wenn zwischen den Fahrstreifen ausreichend Platz vorhanden ist und deshalb niemand gefährdet und behindert wird (§ 1 Abs. 2 StVO). Diese Auffassung steht in Widerspruch zur herrschenden Rechtsprechung, wonach das Hindurchschlängeln mit einem Kraftrad zwischen wartenden Fahrzeugschlangen – inner- wie außerorts – ein unerlaubtes Rechtsüberholen darstellt, weil erlaubtes Rechtsüberholen grundsätzlich einen freien Fahrstreifen für den Überholenden voraussetzt. Es ist nun zu klären, welche Rechtsauffassung die richtige ist.

Überholen oder Vorbeifahren

Zunächst stellt sich die Frage, ob es sich beim „Durchschlängeln“ um Überholen oder Vorbeifahren handelt.

Vorbeifahren ist der allgemeine Begriff, Überholen ist ein Sonderfall des Vorbeifahrens. Vorbeigefahren wird an nicht verkehrsbedingt, also in der Regel nicht in Fahrstellung, haltenden Verkehrsteilnehmern, an Haltenden, Parkenden, liegengebliebenen Fahrzeugen, an am Fahrbahnrand praktisch zum Stillstand gekommenen Fahrzeugen, an fahrplanbedingt haltenden öffentlichen Verkehrsmitteln, am Geradeausfahrenden, der den entgegenkommenden Linksabbieger freiwillig abwartet.

Überholen ist der tatsächliche, absichtslose Vorgang des Vorbeifahrens auf demselben Straßenteil an einem anderen Fahrzeug, das in derselben Richtung fährt oder verkehrsbedingt (z. B. durch polizeiliche Weisung oder Anordnung, durch

Lichtzeichen oder aufgrund der Verkehrslage), in der Regel in Fahrstellung, wartet oder soeben anfährt. Damit ist das „Durchschlängeln“ ein Überholvorgang, der an den Regeln des § 5 StVO zu messen ist.

Durchschlängeln innerorts zwischen wartenden Fahrzeugkolonnen

Es ist nun weiters zu prüfen, inwieweit dieses Überholen in den unterschiedlichen Verkehrssituationen, die sich innerhalb und außerhalb geschlossener Ortschaften ergeben können, zulässig ist.

Zunächst der wichtigste, bereits vorhin schon angesprochene Fall des innerörtlichen Durchschlängelns zwischen wartenden Fahrzeugkolonnen: Ein Motorradfahrer benutzt also auf einer Fahrbahn mit zwei oder mehr markierten Fahrstreifen je Fahrtrichtung den Raum zwischen zwei Fahrstreifen einer Fahrtrichtung bzw. den Raum rechts vom äußerst rechten Fahrstreifen, um sich in der Autokolonne vorzuarbeiten, er schlängelt sich quasi durch.

Der Bund-Länder-Fachausschuß hält ein derartiges Verhalten mit der derzeit gültigen StVO für vereinbar. Auf Anfrage des Vereins „Biker-Union“ hat man dazu folgendes ausgeführt

– ich zitiere:

Der BLFA-StVO weist darauf hin, daß für die Einstellung einer entsprechenden Rechtsgrundlage in die StVO kein Bedürfnis gesehen werde. Innerorts gilt freie Fahrstreifenwahl. Es kann damit innerorts rechts schneller als links gefahren werden. Ist eine Fahrspur mit wartenden Fahrzeugen beispielsweise vor der LZA einer Kreuzung belegt, besteht damit kein Hinderungsgrund für den Kraftradfahrer, auf dem daneben liegenden, freien Fahrstreifen vorbeizufahren / zu überholen, um weiter vorne, auf den Fahrstreifen mit den wartenden Fahrzeugen, einzuscheren. Sind alle Fahrstreifen mit wartenden Fahrzeugen belegt, ist jedoch der Fahrstreifen breit genug und bietet daher noch genügend Raum für einen Kraftradfahrer, gefahrlos, ohne Behinderung der anderen Verkehrsteilnehmer, an der wartenden Fahrzeugschlange vorbeizufahren, um sich weiter vorne aufzustellen, ist auch dies nicht ausgeschlossen. Zum Überholen bzw. Vorbeifahren an wartenden Fahrzeugen muß nicht der Fahrstreifen gewechselt werden. Macht der Kraftradfahrer von der Möglichkeit des Vorbeifahrens / Überholens Gebrauch, hat er dabei jedoch die Grundregel des § 1 Abs. 2 StVO zu beachten. Er muß sich dabei so verhalten, daß kein anderer Verkehrsteilnehmer geschädigt, gefährdet oder mehr als nach den Umständen unvermeidbar, behindert oder belästigt wird.

– Ende des Zitats –

Der BLFA stützt seine Rechtsauffassung in erster Linie darauf, daß innerorts freie Fahrstreifenwahl gilt. Gemäß § 7 Abs. 1 Satz 2 StVO ist ein Fahrstreifen als der Teil der Fahrbahn definiert, den ein **mehrspuriges** Fahrzeug zum ungehinderten Fahren im Verlauf der Fahrbahn benötigt. Der Teil der Fahrbahn, den ein **einspuriges** Fahrzeug zum ungehinderten Fahren im Verlauf der Fahrbahn benötigt, ist demnach kein Fahrstreifen im Sinne dieser Definition.

Wer also zwischen zwei Fahrzeugkolonnen hindurchfährt, wählt somit keinen freien Fahrstreifen, sondern nimmt nur den Raum dazwischen in Anspruch (gleichgültig, ob dieser Raum Fahrstreifenbreite hat oder nur § 1 Abs. 2 StVO Genüge getan wird). Deshalb bin ich der Auffassung, daß sich die BLFA-Meinung nicht mit der herrschenden Rechtsprechung, daß unerlaubtes Rechtsüberholen immer einen freien Fahrstreifen für den Überholenden voraussetzt, vereinbaren läßt.

Auch sehe ich die Gefahr, daß die BLFA-Meinung im Umkehrschluß dazu führt, Motorradfahrern keinen Anspruch mehr auf einen eigenen Fahrstreifen zuzugestehen. Dies hätte zur Konsequenz, daß ein Motorradfahrer, der seinerseits überholt wird, innerhalb seines Fahrstreifens äußerst rechts fahren müßte und ihm nur der Raum zur Verfügung gestellt werden muß, den er zum ungehinderten Weiterkommen benötigt.

Auch durch eine Analogie zu § 5 Abs.8 StVO läßt sich meiner Meinung nach nicht die Richtigkeit der BLFA-Auffassung begründen. Nach dieser Vorschrift dürfen Radfahrer und Mofafahrer Fahrzeuge, die auf dem rechten Fahrstreifen warten, mit mäßiger Geschwindigkeit und besonderer Vorsicht rechts überholen, wenn ausreichender Raum vorhanden ist. Motorradfahrer sind in dieser seit 1988 gültigen Bestimmung ausdrücklich nicht erwähnt. Der Gesetzgeber war sich wohl im klaren darüber, daß die im Vergleich zur Fahrzeuggruppe Fahrrad und Mofa breiteren und schwereren Motorräder viel schwieriger zu manövrieren und deshalb zu gefährlich sind. Außerdem wird Fahrrädern und Mofas im Gegensatz zu Motorrädern ohnehin kein eigener Fahrstreifen zugestanden, sie unterliegen vielmehr dem strengen Rechtsfahrgebot. Somit bleibt für eine Analogie kein Raum; der Gesetzgeber hat ganz bewußt eine Gesetzeslücke in Kauf genommen.

Zusammenfassend kann man sagen, daß aus Gründen der Verkehrssicherheit und der Rechtsklarheit daran festgehalten werden muß, daß ein Durchschlingeln zwischen wartenden Fahrzeugschlangen innerorts nur zulässig ist, wenn dem rechts überholenden Motorradfahrer ein eigener Fahrstreifen zur Verfügung steht. Sollte sich der Gesetzgeber der Meinung des BLFA-StVO anschließen, so erscheint es mir unbedingt notwendig, unsere Straßenverkehrsordnung mit einer Bestimmung – vergleichbar mit dem österreichischen § 12 Abs. 5 StVO – zu ergänzen und so das Rechtsüberholen als eindeutige Ausnahme zuzulassen.

Linksüberholen innerorts

Neben dem Durchschlängeln zwischen Fahrzeugschlangen wird von Motorradfahrern innerorts vielfach auch das Linksüberholen von Autokolonnen praktiziert. Derartiges ist gem. § 5 StVO grundsätzlich erlaubt, soweit weder durch Verkehrszeichen (Zeichen 276 – Überholverbot) oder durch Fahrbahnmarkierungen (Zeichen 295 – durchgezogene Linie) Überholverbote bestehen. Außerdem muß der Motorradfahrer einen genügenden Sicherheitsabstand (mindestens einen Meter) zur überholten Kolonne einhalten. Auch darf der Gegenverkehr nicht gefährdet werden, d. h. beim Überholen von Fahrzeugschlangen muß der Überholer von vornherein sich Gewißheit verschaffen, daß er beim Auftauchen von Gegenverkehr in eine Lücke einscheren kann, die größer ist als der erforderliche Sicherheitsabstand.

Bei Fahrbahnen mit insgesamt drei Fahrstreifen für beide Richtungen darf der linke Fahrstreifen allerdings nicht zum Überholen benutzt werden (§ 42 Abs. 6 Ziff. 1 b StVO). Gleiches gilt bei zwei oder mehr Fahrstreifen je Fahrtrichtung (§ 42 Abs. 6 Ziff. 1 c StVO).

Hindurchschlängeln außerorts (allgemein)

Wie bereits mehrfach angesprochen, hält der BLFA-StVO nur ein Rechtsüberholen innerorts für zulässig und stützt sich dabei in erster Linie auf § 7 Abs. 3 StVO, der die freie Fahrstreifenwahl innerorts regelt und die Möglichkeit gibt, rechts schneller als links zu fahren. Für eine Differenzierung inner-/außerorts ist für mich aber weder ein rechtlicher noch ein sachlicher Grund erkennbar. Eine Reihe von Vorschriften lassen nämlich auch außerorts ein Rechtsüberholen zu, so z. B. die Absätze 2 und 2 a des § 7 StVO, die auf entsprechende Verkehrsdichte abstellen, und § 37 Abs. 4 StVO, der unabhängig von der Verkehrsdichte im Bereich von Lichtsignalanlagen ein Nebeneinanderfahren für zulässig erklärt. Im übrigen ist davon auszugehen, daß es außerorts sicherer wäre, in der Mitte zwischen wartenden Fahrzeugen hindurchzufahren, da außerhalb geschlossener Ortschaften die Fahrstreifenbreite oft größer und darüber hinaus die Gefahr, daß plötzlich Fahrgäste aussteigen, deutlich geringer ist.

Hindurchschlängeln auf Autobahnen

Nach herrschender Meinung ist es Motorradfahrern verboten, auf Autobahnen den Raum zwischen den im Stau stehenden Autokolonnen zum Überholen zu nutzen. Nach meiner Auffassung wäre es durchaus überlegenswert, hier ein Überholen zuzulassen, zumal dann, wenn man dem IfZ-Vorschlag folgt und den Motorrädern den Rettungsweg zwischen den Kolonnen öffnet. Wenn der Verkehr auf Autobahnen stockt, dann müssen gem. § 11 Abs. 2 StVO die Fahrzeuge für die Durchfahrt von Polizei- und Hilfsfahrzeugen in der Mitte der Richtungsfahrbahn, bei Fahr-

bahnen mit drei Fahrstreifen für eine Richtung zwischen dem linken und dem mittleren Fahrstreifen, eine sog. Rettungsgasse bilden. Für eine Freigabe dieser Rettungsgasse für Motorräder spricht zum einen, daß diesen hier ein ganzer Fahrstreifen zur Verfügung stünde. Das Unfallrisiko würde darüber hinaus verringert, da die Autofahrer die Motorräder immer in der gleichen Spur erwarten. Und schließlich finden Motorräder in einer Kolonne auch genügend Platz, um die Durchfahrt der Rettungsfahrzeuge zu ermöglichen.

Rechtsüberholen auf der Standspur

Zum Überholen im Autobahnstau wird von Motorradfahrern oft auch die Standspur benutzt. Die Standspur dient vorrangig als zusätzlicher Fahrstreifen in Unglücks- und Notfällen für Polizeifahrzeuge, Krankenfahrzeuge und ähnliches. Daneben darf sie von „normalen“ Verkehrsteilnehmern nur in Notfällen (zum kurzfristigen Abstellen liegengebliebener Fahrzeuge) benutzt werden. Deshalb handeln Motorradfahrer ordnungswidrig, wenn sie bei einem Stau auf der Autobahn auf die Standspur ausweichen und diesen Seitenstreifen zum Zwecke des schnelleren Vorwärtkommens benutzen.

Nicht unerwähnt bleiben soll aber in diesem Zusammenhang, daß der diesjährige Verkehrsgerichtstag in Goslar ausdrücklich die Empfehlung ausgesprochen hat, die Standspur vor allem bei Stau für alle Fahrzeuge freizugeben, um so den Verkehrsfluß zu erhöhen und dadurch zu einer schnelleren Auflösung des Staus beizutragen.

Linksüberholen zum Mittelstreifen hin

Ein Linksüberholen von Fahrzeugkolonnen zum Mittelstreifen einer Autobahn hin ist zwar generell zulässig. Es ist jedoch zu bedenken, daß für den Motorradfahrer selten genug Platz bleibt, um einen ausreichenden Sicherheitsabstand zur Fahrzeugschlange einzuhalten, ohne gleichzeitig in unzulässiger Weise die äußerst linke Fahrbahnmarkierung, nämlich die durchgezogene Linie, zu überfahren. Auch das Risiko mit einem Autofahrer zu kollidieren, der sehr weit nach links fährt, um sich auf diese Weise einen Überblick über die Länge des Staus zu verschaffen, ist extrem hoch.

Fazit

Die herrschende Meinung qualifiziert ein „Durchschlängeln“ als unerlaubtes Rechtsüberholen. Die BLFA-Auffassung zum innerörtlichen Rechtsüberholen ist weder durch die bestehende Straßenverkehrsordnung noch durch die Rechtsprechung gedeckt. Rechtsklarheit kann nur eine entsprechende StVO-Änderung erbringen.

Development of a Novel Three – Wheeled Vehicle

Entwicklung eines neuartigen dreirädrigen Fahrzeuges

V. Cossalter

N. Ruffo

F. Biral

R. Berritta

Department of Mechanical Engineering, University of Padua, Padova
Italy

G. Cocco

Aprilia s.p.a – Noale
Italy

Abstract

In the last few years the automotive and motorcycle industries, pressed by the need for better rider safety, have shown an increasing interest in innovative vehicles.

This paper focuses on a new three-wheeled vehicle concept. A three-wheeled vehicle is a fine synthesis between the manoeuvrability and compactness of a motorcycle and the stability and load-bearing capacity of a fourwheeled car.

The solution presented in this paper is characterised by the innovative system of linking the rear frame to the front frame so that the latter tilts like motorcycles do whereas the rear frame does not. The linking system is a four bar linkage whose geometry can be adjusted to set the position of the instant tilting axis of the front frame with respect to the rear one closer to or further from the road surface. Moreover, it is possible to vary the inclination of the tilting axis on the longitudinal plane.

A model of this vehicle was developed using a multibody program. Many analyses have been carried out varying the geometrical parameters of the linking system in order to find the best handling and safety behaviour.

Finally a real working prototype of the vehicle was built. As in the virtual model, the prototype can change the geometry of the linking system. Different test drivers have accomplished many manoeuvres with different geometrical configurations. These tests confirmed the predicted simulations results.

Dieser Beitrag stellt eine neues Dreiradkonzept vor, das eine gelungene Synthese aufweist zwischen Manövrierbarkeit und Kompaktheit eines Motorrades sowie der Fahrstabilität und Ladekapazität eines 4-rädrigen Fahrzeuges.

Die konstruktive Lösung wird durch ein neuartiges Verbindungssystem des Fahrzeugvorderbaus mit dem Fahrzeughinterbau gefunden, wobei der vordere Fahrzeugteil wie ein Zweirad Schräglagen einnehmen kann, während das Fahrzeugheck waagrecht bleibt. Die Verbindung der beiden Elemente findet durch einen in der Geometrie justierbaren Rahmen aus 4 Rohren statt. Sowohl die Position der Kippmittellinie als auch der Kippwinkel kann verändert werden.

Ein virtuelles Modell dieses Verbindungsrahmens wurde mit einem Multi-Body-Programm entwickelt, wobei viele unterschiedliche geometrische Parameter experimentell untersucht wurden. Zum Abschluß der Arbeiten wurde ein Realfahrzeug als Prototyp gebaut, der wie im virtuellen Modell eine Veränderung der Geometrie des Verbindungsrahmens erlaubt. Versuchsfahrer haben mit dem Prototyp bei verschiedensten geometrischen Einstellungen der Verbindungselemente unterschiedlichste Fahrmanöver durchgeführt, wobei die experimentellen Resultate mit denen der Computersimulationen völlig übereinstimmten.

Dans les dernières années les industries des voitures et des moto, poussées par le besoin de meilleure la sûreté des conducteurs et passagers, ont montré un accru intérêt pour les véhicules innovateurs.

Dans cet article, on concentre l'attention sur un nouveau concept de véhicule avec trois roues. Un véhicule a trois roues est une bonne synthèse entre la manœuvrabilité et la compacité d'une moto et la stabilité et la capacité porteuse d'une voiture.

La solution présentée est caractérisée par le système innovateur de joindre le châssis arrière au châssis avant: le châssis avant roule (comme les motos), mais le châssis arrière ne roule pas. Le système de joindre est a quadrilatère articulé, il peut être modifié pour placer la position de l'axe de rotation instantanée du châssis avant plus près ou plus loin de la route surface.

D'ailleurs, il est possible changer l'inclination de l'axe de rotation sur le plan longitudinal. Un modèle de ce véhicule a été développé en utilisant un programme multy-body.

1. Introduction

For decades two and four wheel vehicles have been the most important means of people transport by road. In the last few years the increase of traffic in cities, of parking problems and pollution have changed the concept of how vehicles are used.

Motorcycles and scooters are maneuverable and compact, but they have little storage space and no protection against bad weather.

Though cars do not have these problems, they are bigger, more complex and expensive. Moreover, nowadays more than 80% of cars in cities carry only one or two people thus wasting a lot of energy.

In this framework the market seems to be ready for a new type of vehicle which is useful as a car, but as small as a motorbike, which could transport one or two people and be safe in all kinds of traffic and situations.

In fact the car and motorbike industry has started to define new means of transportation especially in the field of three-wheeled vehicles.

In order to build a vehicle with stability typical of a four wheeled vehicle and the maneuverability and compactness of a two wheeled vehicle, the three wheeled vehicle must be capable of tilting. This kind of vehicle has a kind of tilting system to make it lean into corners like motorcycles.

The leaning motion can be controlled by the driver, or an automatic system. In the former case, the driver is directly responsible for maintaining the correct tilted position; while in the other the system controls the steering front wheel angle and the tilting angle.

Since the 1930's many attempts have being made to develop a safe, compact and maneuverable vehicle [1–20].

These vehicles can be divided into two groups: *car derived* and *motorcycle derived*. The first ones are driven with a steering wheel, with the aid of an automatic system for tilting.

The second ones look like scooters or motorcycles with two rear wheels and the front frame that can tilt.

The solution presented in this paper is a motorcycle derived type where the driver controls the roll motion of the vehicle without the aid of any system. The innovative feature of this vehicle is the system linking the front frame to the rear frame [21].

The aim of this work is to examine the dynamic behavior of the proposed vehicle and, in particular, the effects of the linking system. The influence of the four-bar geometry on the kinematic and dynamic behavior is investigated and some results are presented in this paper.

Finally a comparison between the numerical results and the judgments of the test drivers about the prototype is proposed.

2. Vehicle description

This vehicle was first conceived, designed and simulated using a computer and then a prototype was built. First, the kinematic behaviour of the vehicle is presented and discussed because it has a large influence on the vehicle's dynamic performance. Then the dynamic simulation results are shown and compared to the experimental results obtained from the driving tests using the prototype.

This vehicle is characterized by three main assemblies. The first one is the rear assembly, which consists of the rear frame, two wheels, the engine and the rear suspension. The second assembly is the tilting front frame which consists of the front wheel, the front fork and the suspension. The rear frame and the front frame are connected with a four bar linkage. This linkage is the innovative aspect of this vehicle and is significantly responsible for the vehicle's dynamic behaviour.

The four-bar linkage is made up of the rear frame which do not tilt, the tilting front frame and two connecting bars that link the front and rear frame by means of four revolute joints, which have the same axis orientation (Figure 1).

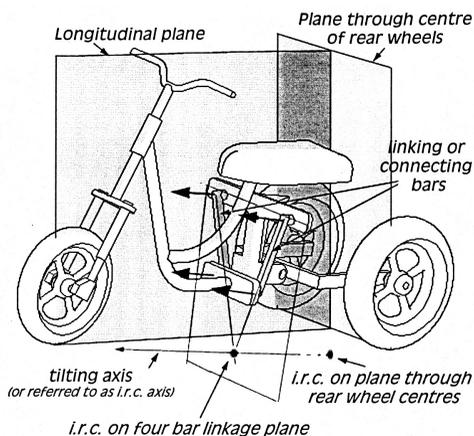


Figure 1: i.r.c. and rolling axis definitions.

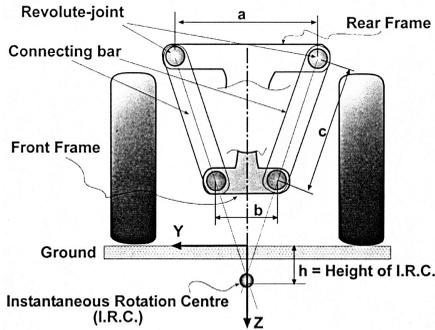


Figure 2: Four bar linkage elements.

With this configuration the front frame rotates around an instantaneous tilting axis.

The intersection of the tilting axis with the four bar linkage plane defines the instantaneous rotation centre (referred to as *i.r.c.*). The *i.r.c.* position in the linkage plane is defined by the intersection of the two axes of the connecting rod, as shown in Figure 2.

Hence, the distance a between the two superior revolute-joints, the length c of the connecting bars and the distance b between the two inferior revolute-joints (Figure 2), define the instantaneous rotation centre position. Height h is defined as the vertical distance between road plane and *i.r.c.*; its value is positive when the *i.r.c.* is above the road plane, negative if the *i.r.c.* is below the road plane.

The instantaneous tilting axis can be moved up and down with respect to the road surface by decreasing or increasing the distance between the revolute-joints (parameters a and b) as shown in Figure 3. As in general the instantaneous tilting axis is not parallel to the road plane, when it moves up and down, its intersection with the road plane moves back and forth.

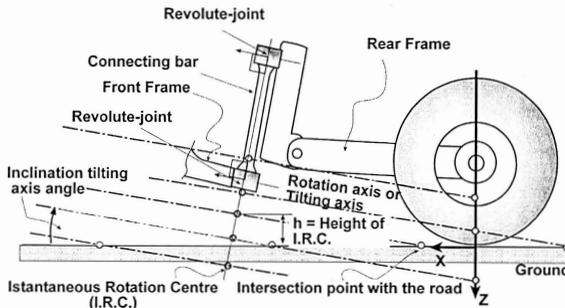


Figure 3 – Tilting axis vertical translation

It is also possible to fix the position of the *i.r.c.* (its height from the ground, parameter h) and rotate the tilting axis around this point changing the orientation of all the revolute-joint axes (see Figure 4). Again the intersection with road plane moves back and forth, except the case with the axis parallel to the ground. In this case there is no intersection at all.

All these possible configurations can be gathered into three main groups: the *i.r.c.* positioned over the ground (parameter h positive), on the ground (parameter h equal to zero), or under the ground (parameter h negative), These three different configurations influence significantly the dynamic behaviour of the vehicle.

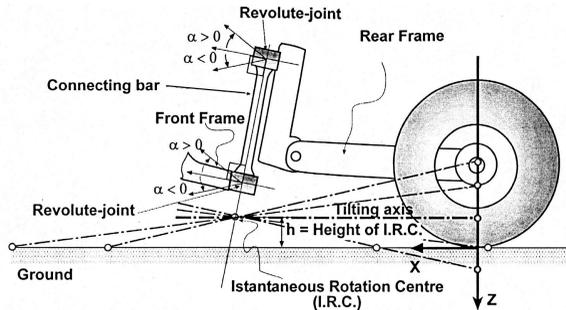


Figure 4 – Tilting axis rotation about *i.r.c.* on four bar linkage plane

The above mentioned kinematic considerations are based on the hypothesis that the vehicle is in its vertical position. When the front frame tilts towards one side, the *i.r.c.* moves towards the same side and height h from the road plane changes. If the *i.r.c.* is above the road, its distance from the road surface increases when the vehicle tilts. On the contrary, if the *i.r.c.* is under the ground its distance from the road surface decreases; in some cases the *i.r.c.* can even shifts over the ground (Figure 5).

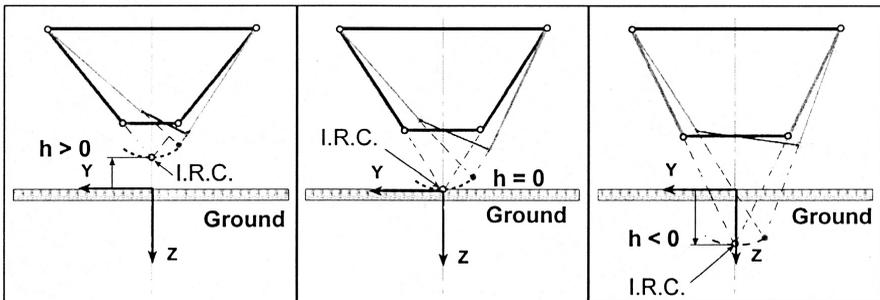


Figure 5 – Main four bar linkage possible configurations

The vertical and lateral position of the *i.r.c.* and the tilting axis inclination affect the load transfer from the inner rear wheel to the external rear one during a curve.

The equilibrium of the torques of the forces acting on the rear frame, with respect to the *i.r.c.* point, gives the load transfer ΔN , between the rear wheels, as a function of the position of the *i.r.c.* and of the centre of mass of the rear frame.

$$\Delta N = \frac{(g \cdot m - 2N) \cdot y_{i.r.c.} + m \frac{V^2}{R} (z_{cm} - h) + (F_l + F_r) \cdot h}{L}$$

where $y_{i.r.c.}$ is the lateral displacement of the *i.r.c.*, z_{cm} is the vertical position of the rear mass centre, F_l and F_r are the lateral forces on the rear wheels and $2N$ is the total vertical load on the rear wheels in static condition.

The forces transmitted by the connecting bars from the front frame to the rear frame do not give any contribution to the momentum because they pass through the *i.r.c.*

It is possible to observe that the load transfer depends both on mass forces (centrifugal and gravity) and on tyre lateral forces.

The more the *i.r.c.* is closer to the centre of mass the more the contribution of the centrifugal forces diminishes, but on the other hand the influence of the tyre lateral force increases its importance. The contrary happens if the *i.r.c.* is under the road surface because the momentum of the lateral forces changes sign.

Summarising, three relevant cases have to be investigated: the *i.r.c.* over the ground, on the ground and under the ground. Of course the effect of the inclination of the tilting axis has its own importance in all the three cases.

3. The Virtual Model

The components of the virtual vehicle were modelled and assembled using a 3D modelling software, which is integrated in the multi-body program Working Model 3D.

Exploiting the CAD associativity, it was possible to change the design parameters of the vehicle in the drawing environment and get the model updated automatically in the multi-body software.

Working Model 3D lacks of a tyre model, thus it was necessary to develop a motorcycle tyre model [22]. This tyre model represents the reactions of the road



Figure 6 – Tricycle virtual model screenshot

surface on the tyre by means of three torques (overturning, rolling resistance and yaw torques) and three forces acting on the geometric contact point.

It was also necessary to add a driver model capable to follow a given path. This was accomplished with a proportional derivative and integrative control. The tyre and driver model codes were written in Visual Basic and used the OLE technology (Object Linking Embedding) to send inputs (such as tyre forces, engine, brake and steering torques) and retrieve the vehicle motion state from Working Model.

Different kind of manoeuvres typically used for handling tests can be selected like U turn, steady state turn, lane change and slalom test.

4. Simulation results

The simulations were carried out considering principally U turns because these manoeuvres highlight the effect of the load transfer between the two rear wheels. The load transfer is important because it influences the total lateral adherence of the vehicle. In particular during a curve at very high speed or during obstacle avoiding manoeuvre, the load transfer may be so large that the internal wheel vertical load becomes equal to zero and the wheel rises from the road surface. This situation should be avoided to prevent rear frame roll over.

In addition, the U turn manoeuvre is useful to analyse the behaviour of the vehicle on entry and exit a curve, and evaluate the general handling behaviour of the vehicle [23].

Simulations were grouped in three main configurations:

- *i.r.c.* over the ground
- *i.r.c.* on the ground
- *i.r.c.* under the ground

and for some cases the inclination α of the revolute joints of the four bar linkage (and consequently of the tilting axis) was changed from -5° to $+5^\circ$.

In the graph of Figure 7 the vertical loads on the two rear wheels are shown for a vehicle having a horizontal tilting axis considering several values of height h (in the range $-0.15 \div 0.15$ m). It is possible to see that the vertical load on the internal wheel (internal with respect to the turning side) decreases less if height h decreases. When height $h = -0.150$ m the internal wheel is more loaded than the external one.

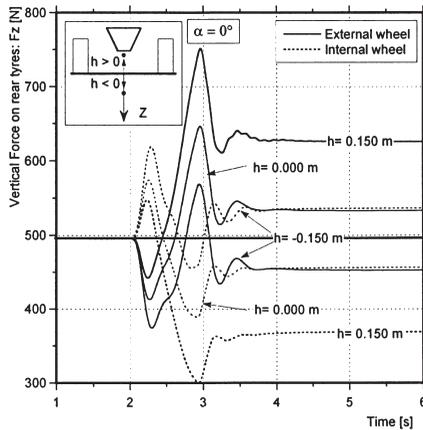


Figure 7 – Load transfer between rear wheels varying h

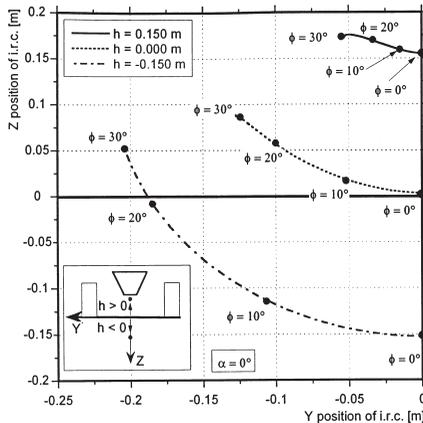


Figure 8 – *i.r.c.* position varying h , for different roll angle values

In fact, as stated above, the load shift depends mainly on the position of the *i.r.c.* and on the position of the centre of mass of the rear frame. This phenomenon is better explained in Figure 8, which depicts the trajectory of the *i.r.c.* on vertical plane y - z , as a function of the front frame roll angle ϕ . The more the *i.r.c.* is under the road plane the more the tilting axis shifts towards the internal wheel for a given roll angle. Moreover, for negative values of h , the *i.r.c.* moves vertically much more than for positive values of h .

In order to reduce the movements of the *i.r.c.* during tilting motion, it is necessary to shorten the connecting bar length c and to increase the length b . Then the effect of four bar linkage geometry on the steering torque is considered, because steering torque is closely related to vehicle handling.

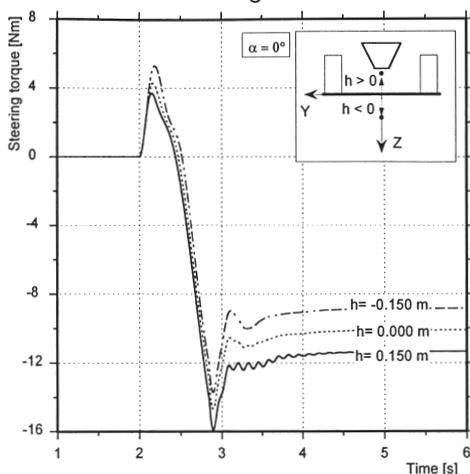


Figure 9 – Steering torque against time for different values of parameter h

The graph of Figure 9 shows that when h decreases the absolute value of the steering torque in steady turning condition decreases, whereas the steering torque that the rider has to apply to begin the curve increases (e.g. the initial peak of the torque with h equals to -0.150 is greater than the peak of the torque with h equals to $+0.150$). This means that a configuration with the *i.r.c.* under the ground is more stable than the ones having the *i.r.c.* over the ground. Moreover, handling diminishes because a greater torque is required to tilt the front frame to perform a given manoeuvre.

The improvement of stability achieved with negative values of h is highlighted by the manoeuvre represented in figure 10 ($h = -0.30\text{m}$) in which the steering torque and the roll angle are plotted against time. The first part of the plot represents the entry in the curve followed by a steady turning condition. At time 4.5 s the rider suddenly stops exerting the steering torque and the vehicle returns to the vertical equilibrium configuration with small overshoots.

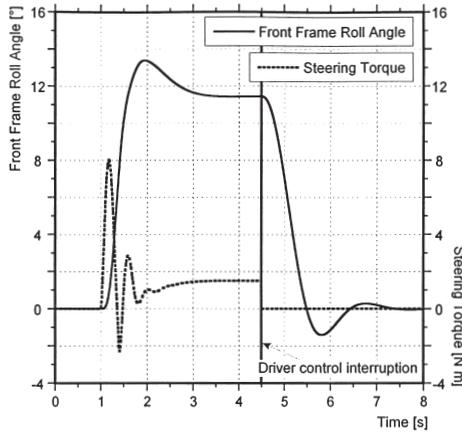


Figure 10 – Four bar linkage stable configuration

The angle of the axes of the revolute joints affects the orientation of the tilting axis and consequently the intersection of the tilting axis with the road plane. With positive angle α , the intersection with the road surface moves forwards and vice versa for negative values.

Figure 11 shows that the load transfer decreases when α increases.

The steering torque value is almost the same for different values of α , as it is shown in Figure 12.

Other parameters that influence the steering torque and vehicle stability are tyre properties (and in particular the self-aligning torque and the twisting torque), castor angle and front fork offset which affect the vehicle trail [24], see Figure 13.

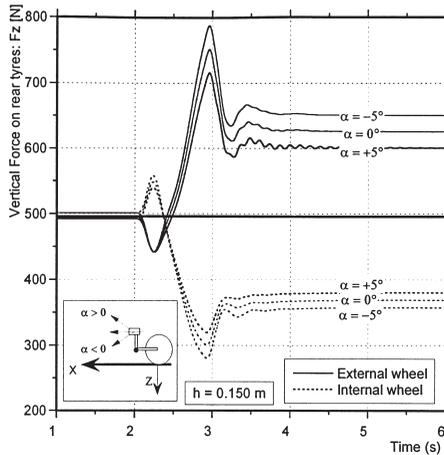


Figure 11 – Load transfer between rear wheels varying α

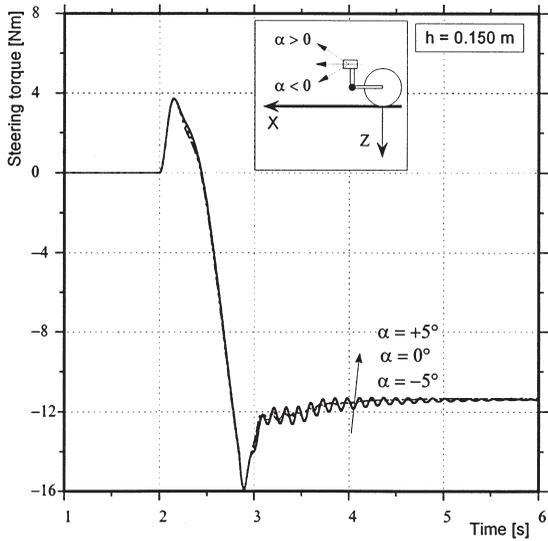


Figure 12 – Steering torque varying α

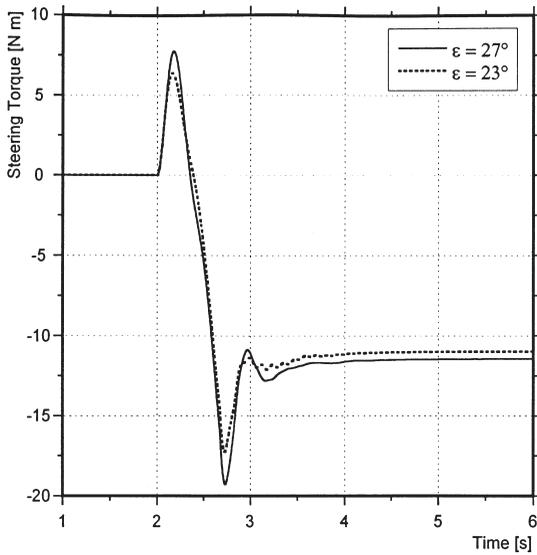


Figure 13 – Steering torque varying α

5. The prototype

A working prototype based on the design parameters obtained from the simulation results was built (Figure 14 and Figure 15).

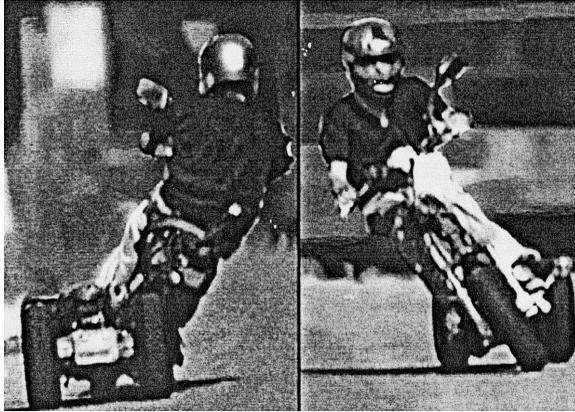


Figure 14 – Prototype during roll motion. Front and rear view.

As the virtual model the prototype four bar linkage geometry can be adjusted to achieve the desired set-up. This was accomplished creating a slot both in the rear and in the front frame in which the superior and inferior couple of revolute joints respectively can slide in order to obtain the assigned distance.

The length of the connecting bars can be varied screwing or unscrewing their ending part.

The inclination of the steering axis angle can be increased or decreased as well. Some test drivers carried out many tests with this prototype in different situations. Sometimes they tested limit manoeuvre in order to assess not only handling but also safety.

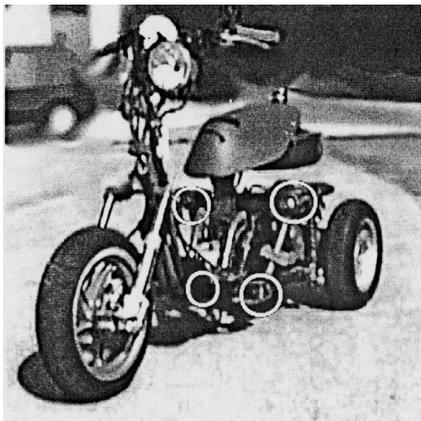


Figure 15 – Prototype built at the department. Revolute joints highlighted

6. Experimental results

The experimental tests yielded almost the same results that the simulations predicted.

The main handling and safety manoeuvres carried out were: obstacle avoidance, fast slalom, bump during turning manoeuvre and U turn manoeuvre, all these manoeuvres were performed with different four bar linkage configurations.

The table 1 summarizes the results obtained, reporting the driver judgements.

A vehicle with a positive h parameter turned out to be faster during the obstacle-avoidance manoeuvre than the ones with negative h values. Moreover, it was necessary to apply a lower torque to tilt the front frame during transient period. On the other hand the three wheeled vehicle was more stable with the *i.r.c.* under the road surface, but the test driver found it more difficult to roll the front frame during curve entrance.

All these results agree with computer simulation.

	$h < 0,$ $\alpha = 0$	$h = 0,$ $\alpha = 0$	$h > 0,$ $\alpha = 0$	$h > 0,$ $\alpha > 0$
Steering torque effort	++	+	-	+
Handling	--	+	++	+++
Rear frame hopping effect	++	++	+	--
Rear and front frame coupling effect	--	--	--	++
Vertical Revolute joint effect	++	+	-	-

Table 1 – Test driver judgements for different four bar linkage configurations

The “*rear frame hopping effect*” phenomenon rises when the driver applies a particular high frequency sinusoidal steering angle in order to make the rear frame to hop. This effect disappear almost completely when the rolling axis is inclined.

The test driver felt what we called “*vertical revolute joint effect*” as a negative effect. This happens when the rear frame and front frame seems to be linked by a vertical revolute joint during the turning manoeuvre. This behaviour disappears almost completely when the angle of the tilting axis is positive.

But with a positive tilting axis angle another undesired phenomenon rises. This fact consists of a sort of coupling between rear and front frame. Any perturbation that occurs on the rear frame propagates to the front frame and the driver feels this phenomenon quite disturbing.

6. Conclusions

A first series of studies were carried out on a three-wheeled vehicle having a tilting front frame. The vehicle was modelled by means of a 3D software and simulated with the aid of multi-body code. The influence of the four bar linkage, which connects the rear frame to the front frame, on the dynamic behaviour was deeply investigated.

The simulation results revealed the importance of the vertical position and inclination of the tilting axis on the load transfer between the rear wheels and on the steering torque that must be apply to do a curve.

The numerical results gave a contribution to the design and manufacturing of a working prototype that was tested in many different manoeuvres. A good agreement between simulation and experimental results was found.

The tests pointed out also some riding sensations that helped to understand the dynamic behaviour of this innovative vehicle.

Moreover, the prototype showed that it is possible to obtain substantial different vehicle performance simply varying the geometrical parameters of the four bar linkage, as predicted by the multi-body model.

Appendix 1

In Figure 16 are shown the main vehicle dimensions, used to carry out computer simulations.

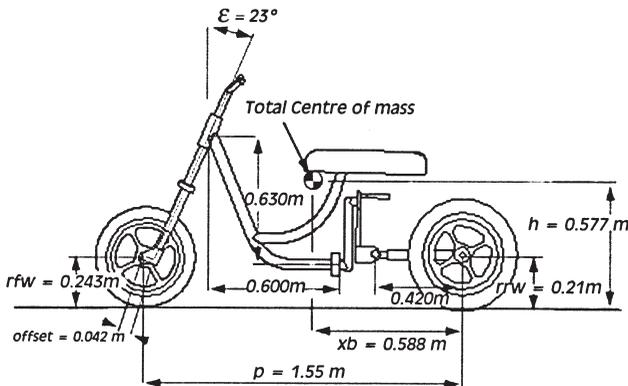


Figure 16 – Tricycle main dimensions

Table 2 represents the mass properties of the main elements of the tricycle used during computer simulations.

	Mass [kg]
Connecting bar	3.5
Front fork	12
Front frame	12
Rear left wheel	2.8
Rear right wheel	2.8
Front wheel	3
Rear frame	45
Tank	6
Man	70

Table 2 – Masses of model elements

In Table 3 the four bar linkage different geometrical configuration used for the computer simulations are shown.

Configuration N°	Four bar linkage geometrical parameter				i.r.c. position
	a [m]	b [m]	c [m]	α [°]	h [m]
Case 1	0.500	0.090	0.320	0	0.155
Case 2	0.440	0.160	0.320	0	0.003
Case 3	0.400	0.200	0.320	0	-0.150
Case 4	0.500	0.090	0.320	+5	0.155
Case 5	0.500	0.090	0.320	-5	0.155
Case 6	0.380	0.240	0.320	0	-0.390

Table 3 – Four bar linkage geometrical configurations used for simulation

Case 1 to 5 have the geometrical dimensions shown in Figure 16, while case 6 uses a different steering angle inclination ($\epsilon = 27^\circ$) and a different offset (0.025m instead of 0.042m).

Appendix 2

List of symbols:

Nr_r	Rear right tyre vertical force in static equilibrium
Nl_l	Rear left tyre vertical force in static equilibrium
N	Nr and Nl are equal in static equilibrium
F_r	Rear right tyre lateral force during steady state curve
F_l	Rear left tyre lateral force during steady state curve
F_c	Centrifugal force during steady state curve
$m \cdot g$	rear frame weight
ΔN	Load transfer between rear wheels during steady state curve
L	Distance between the centre of the two rear wheels
	Front frame roll angle
ε	Steering axis inclination
α	Four bar linkage revolute-joints axis inclination with respect to the rear frame
a	Distance between the four bar linkage superior revolute-joints
b	Distance between the four bar linkage inferior revolute-joints
c	Connecting bars length
h	i.r.c. vertical distance from road surface
z_{cm}	Rear frame centre of mass vertical position
$y_{i.r.c.}$	i.r.c. lateral position

References

- [1] La Brie E. G. – *Patent No. US3561778: Three Wheeled Vehicle* –1968
- [2] Patin P. – *Patent No. US3781031: Three Wheeled Vehicles having Static and Dynamic Equilibrium* – 1972
- [3] Hamamatsu JA. et al. – *Patent No. US3995875: Tricycle* – Suzuki Motor Company, Japan, 1974
- [4] Kensaku et al. – *Patent No. US3938609: Tricycle* – Daihatsu Motor Company Limited, Japan, 1975
- [5] Winchell F. J., Orchard Lake – *Patent No. US4065144: Cambering vehicle* – General Motors Corporation, Detroit, MI, 1975
- [6] Kanno et al. – *Patent No. US4159752: Tricycle* – Yamaha, Japan, 1977
- [7] Yamamoto et al. – *Patent No. US4316520: Unilateral rear-drive type of three-wheeled vehicle* – Honda, Japan, 1980
- [8] Sato et al. – *Patent No. US4360224: Tricycle with two fore wheels* – Yamaha, Japan, 1980
- [9] Kawasaki et al. – *Patent No. US4421194: Tubing assembly in mutually movable portions of a three-wheeled motor vehicle* – Honda – 1982
- [10] Irimajiri et al. – *Patent No. US4703824 Three-wheeled vehicle* –1984
- [11] Katsuyoshi Kawasaki – *Patent No. 4,541,501 : Articulated Tricycle* – 1985
- [12] Edmund F.N. Jephcott, – *Patent No. 44,660,853: Vehicle Body Tilting Mechanism* – 1987
- [13] Doman; Trevor D., – *Patent No. USD0322049: Articulated three wheel vehicle* –1988
- [14] King Klopfenstein, – *Patent No. 4,903,857: Leaning Vehicle with Centrifugal Force Compensation* – 1990
- [15] Richards – *Patent No. US5248011: Three wheeled vehicle having driven front wheels and steerable rear wheel* – 1992
- [16] Peter Owsen, – *Patent No. 5,240,267:Tricycle* – 1993
- [17] Doveri M. – *Patent No. EP626307A1: Laterally-leaning three wheeled vehicle* – 1993
- [18] Vidal Carlos C. – *Patent No. US5611555: Articulated balancer with an oscillating axle and having locking possibilities* – 1994
- [19] Van Den Brink, Kroonen – *Patent No. EP796193A1/B1: Self-stabilising, directionally controllable vehicle with at least three wheels* – 1995

- [20] Braun, Dieter – *Patent No. WO9849023A1: Multi-track curve tilting vehicle* – Daimler-Benz, 1998
- [21] Cossalter V. – *Patent No. 01300175, EP99114532.7: Meccanismo per la realizzazione di un veicolo rollante a tre ruote* – 1999
- [22] Berritta, R./ Cossalter,V./ Doria, A./ Lot, R.: *Implementation of a motorcycle tire model in a multi-body code* – Tire Technology International – UK&International Press/ United Kingdom/ march 1999
- [23] Koch, J./ *Experimentelle und analytische Untersuchungen des Motorrad-Fahrer Systems. Dissertation, Berlin / 1978*
- [24] Cossalter, V.: *Cinematica e dinamica della motocicletta* – Edizioni Progetto – Italy/ Padova/ 1999

Acknowledgements

The authors express their appreciation to the Italian Department of University and Scientific Research for the financial support provided (40% grant).

**SMART: Providing the Motorcycle Choice
in local Transport Plans**

***SMART: Das Motorrad als ein Element
in lokalen Verkehrsplänen***

Craig Carey-Clinch, MCI – Coventry
Great Britain

Introduction

This paper considers the role that motorcycles (or Powered Two Wheelers (PTW)) can play in Local Transport Plans (LTP). The background to a special project to draw the attention of transport planners to the PTW option is outlined and the results of this, with possible future trends, discussed.

Since August 1999, the UK Government has required UK local authorities (LA), (also known as Councils) to prepare local transport plans that embody the philosophy of integrated transport planning. The process that led to this provided an opportunity for a new approach to motorcycling in transport planning.

In terms of motorcycle policy development, the Motorcycle Industry has seen a motorcycle-inclusive local policy environment as a long standing objective. It is considered that measures which lead to priority access and enhanced facilities can help to improve safety, enhance ease of use and raise general awareness of motorcycling among other road users as an alternative mode of transport.

The MCI subsequently embarked on a series of activities which were designed to draw attention at local authority level to the benefits offered by commuter PTW use and the potential role that can be played by this mode in local transport planning. The aim of the activities being to encourage the adoption of LTP policies supportive of measures to assist use and enhance the safety of PTW users.

The methodology employed included:

- Preparation & Distribution of the LA motorcycling advisory booklet: The SMART Choice.
- Preparation and distribution of an extensive motorcycle policy 'Toolkit'.
- Individual presentations to local authorities.
- Liaison with and technical support to local actors (transport planners, local users and business).
- Liaison with the DETR through the UK Governmental Advisory Group For Motorcycling.
- Advice and support.

The results of MCI's activities, which took place over an initial 12 month period, indicates improved interest in the PTW option, with a large number of new policy initiatives being outlined in provisional LTPs. The paper concludes that continuing activity is needed to further fill a continuing 'PTW knowledge gap' among transport planners and suggests a number of further policy development initiatives.

(Note. The term 'motorcycle' in this document refers to powered two wheelers of all kinds unless otherwise indicated)

Structure of UK Local Authorities – A Background.

Traditionally UK councils (LAs) are the providers of services – housing, education, social services and so on. They also regulate the activities of others through planning regulations, by-laws and licensing. Central government controls many of the activities of local government. In Scotland there are thirty-two unitary councils. In Wales the local authority structure is a combination of Unitary Authorities and joint boards. In addition joint working arrangements exist for many services. In England the local government structure is more complex, comprising ‘Shire Areas’, Metropolitan and Unitary areas:

Shire Shire areas comprise a hierarchy of County, District and optionally Parish Councils: A County Council consists of several District Councils which in turn may consist of several Parish Councils.

Within the two/three tier structure there is some duplication and overlap of responsibilities between the different levels. For example, transport planning, Roads, foot-paths and car parks can be the responsibility of all three types of council, but never within the same area.

County Each county has an elected County Council providing the strategic and more costly services like social services and education. They are also responsible for highways transport policy.

District The county is divided into several districts, each with its own elected district council providing local services. Some district councils are called Borough or City councils. Many district councils are divided up into parish or town councils, with their own elected councils. Some councils provide all services for their area. In these areas joint boards are responsible for the delivery of certain services: Fire, Civil Defence and Public Transport.

Metropolitan Districts There are six metropolitan areas. Each metropolitan area is divided into metropolitan districts with most of the services being provided by the elected metropolitan district councils. These are »unitary« authorities i.e. they are responsible for all services and policy within their boundaries. These are often called Borough or City Councils.

Unitary Councils A recent review of local government has created a number of all-purpose, unitary councils with the same span of responsibilities as metropolitan councils, including transport planning and policy.

London Boroughs In London there are: 32 London boroughs; The City of London Corporation; The Fire and Civil Defence Authority (a joint board). New

structures for transport are being established by the recently elected Mayor of London who has overall responsibility for transport planning.

Highways Authorities Have overarching responsibility for highways transport policy. The Mayor of London's Office, Unitaries, Counties and Metropolitan District authorities are highways authorities. All other local authorities have key input to the transport planning process and can set policy on items such as off-street parking and other local transport policy matters.

Early Developments

Prior to the early 1990s, the history of motorcycling and transport planning in the UK was marked by indifference from transport planners, both at national and local government level. This indifference in some cases verged on outright hostility towards the very notion that motorcycling could have a place in traffic management systems or local policy. Motorcycles were often viewed by transport planners as antisocial, dangerous for users and a mode which attracted 'undesirable elements'. Local motorcycling measures were largely restricted to small levels of insecure parking provision and safety information.

This lack of consideration was in part based on a poor safety record that had developed in the late 1970s, coupled with a certain bias against motorcycles and their users, the history of which can be traced to early 1960s tabloid press reporting of 'mods and rocker' events in English coastal resorts.

By the early 1990s however, it was becoming increasingly clear that rising car traffic levels were creating an unsustainable situation. Governmental initiatives to accommodate a growth in car numbers (most notably the 'Roads To Prosperity' roads building programme) were leading to yet more cars and greater traffic congestion. It was clear that alternatives were needed. Initially, motorcycling was overlooked in this process, which focussed almost entirely on encouraging less car use and increased walking, cycling and public transport.

At the same time, legislative initiatives, coupled with more active work to improve road safety by industry and other UK groups were leading to a significant decrease in accident **numbers**. At the time, the motorcycle market was itself in a state of decline, but the important indicator of accident **rates** were also falling, meaning that motorcycle use was becoming safer overall.

Much of the pioneering work on establishing motorcycling's place in local transport policies took place in the then County of Avon. Central to this area of South West England are the cities of Bristol and Bath and the County's infrastructure reflected

a mix of both rural and urban conditions. Local motorcycle users mounted a sustained campaign to gain both secure parking for motorcycles (to counter rising theft levels) and access to bus lanes as a priority measure.

By 1993, Bristol City Council had installed secure parking bays in several locations in central Bristol and enquiries were underway to look into the feasibility of bus lane access by motorcycles. The arguments in favour of such a scheme were based around the need to reduce vulnerability and ease access for the mode. A few other authorities were also looking at motorcycling, but mainly in terms of improving parking security and provision.

At the same time Avon County Council announced a fundamental review of the County's transport policy, with a view to creating a sustainable strategy for the 21st century. Within the consultation process for the new strategy, local motorcyclists submitted a set of proposals for motorcycling measures which included a recommendation that motorcycles be allowed access to Bristol's bus lanes. Local motorcycle users won the support of local councillors and highways engineers. A local user and LA forum was established, the Avon Motorcycle Forum, which served to consider the issues under discussion.

In May 1994, Avon Council agreed that a proposal should go ahead to allow motorcycle access to bus lanes on an experimental basis (The scheme became permanent in 1996). The Transport Plan for the Avon Area 1994–2013 also contained recognition of the role that motorcycling could play in transport planning and roads policy.

Further campaigning in other local authority areas, which was supported by the motorcycle industry and other motorcycle interest groups had, by this time, seen a significant growth in the number of secure parking places and awareness of the potential role for motorcycling in general transport planning was growing.

Background to Central Government Policy On Transport Planning

Governmental guidelines for local transport planners was at this time contained in the document Transport Policies and Programme (TPP). Until the late 1990s this policy guidance had overlooked motorcycles, but the final TPP for 1999 commented that the needs of motorcyclists should be taken into account, with the focus being on improving safety for the mode. The TPP also required a consideration of the provision of dedicated secure parking.

Until the mid 1990s, central Government considered motorcycles only in terms of casualty reduction, with this reflected in policies which revolved around placing

restrictions on use through ever-tighter licensing controls and investigations into secondary engineering measures such as leg protectors and air bags. Initial attempts to gain consideration of wider policy issues were largely ignored, though by 1996 Ministers were starting to appreciate that motorcycling could play a wider role. However, despite this, the then Department Of Transport continued to maintain an public policy approach along the lines mentioned above.

The 1997 General Election marked a new policy approach to motorcycling. In response to the developing crisis with the UK's transport system, particularly with regard to increasing congestion and pollution, the new Government announced a wide ranging review of transport policy. An extended consultation, which involved detailed motorcycle industry and user participation, led to the publication of the White Paper: 'A New Deal For Transport – Better For Everyone' during 1998. This detailed paper included two key policy development elements; a requirement for local authorities to develop new Local Transport Plans (LTP), which would replace the TPP process and a commitment to a new advisory group for motorcycling. Policy options for motorcycling, which focussed on parking initiatives, were also discussed. The newly-formed Department of the Environment, Transport and the Regions (DETR) required local authorities to produce provisional transport plans for the 1999–2000 round (August to August), followed by full five-year LTPs by August 2000.

The DETR later published guidance for local authorities considering local transport plans. There have been three editions to date. To a lesser extent, the guidance continued the theme of local policy consideration of motorcycle use, though the March 2000 revision has moved towards a greater recognition of motorcycling as an alternative to the car:

POWERED TWO WHEELERS

133. Mopeds and motorcycles can provide an affordable alternative means of transport for trips where public transport is limited and walking and cycling unrealistic, increasing mobility and widening employment opportunities. Local authorities should take account of the contribution powered two wheelers (PTWs) can make in delivering integrated transport policies, for example where they are being used in congested traffic conditions. Mopeds and small motorcycles may produce benefits if they substitute for car use, but the intention should not be to encourage people to switch from sustainable transport options – walking, cycling or public transport.
134. Local authorities should ensure that the relevant aspects of their LTP (including road safety, planning and social policies) take account of the needs of motorcyclists. They should consider specific measures to assist motorcyclists in making integrated journeys, such as secure parking at public transport interchanges.

135. Some authorities are allowing motorcycles into bus lanes. We need properly monitored pilot studies to reach conclusions about this practice. We have been encouraging proposals from authorities interested in conducting such pilots. A thorough examination of the traffic, safety and environmental implications for motorcyclists and other road users would help to inform decisions on the case for allowing motorcycles to use bus lanes. Some authorities have already expressed an initial interest. We will be approaching those who are keen to proceed to discuss the monitoring arrangements.

(Full Guidance on Local Transport Plans – DETR, March 2000)

Similar guidance has also been produced by the Welsh and Scottish legislatures.

This positive guidance has only helped to address part of the problem that faces the local transport planner. Technical guidance for cycling and public transport is both detailed and extensive. References are numerous and provide a wealth of information from which the planner can build coherent local policies. With regard to motorcycling, although many safety studies already existed, it was felt that a significant 'knowledge gap' existed, regarding specific studies into motorcycling traffic management measures. This made it difficult for planners to implement local policies. Central Government, despite its new attitude towards motorcycle use, still saw itself as 'agnostic' towards motorcycling and did not move to produce detailed guidance on the implementation of policies. It would seem that this situation is unlikely to change significantly until after the Governmental Advisory Group on Motorcycling (chaired by the Roads and Road Safety Minister) reports in two to three years time.

In January 1999, the Motorcycle Industry Association (MCI) moved to address this situation and embarked on a series of activities which were designed to draw attention at LA level to the merits of motorcycle use and their potential role in local transport planning. The aim being to encourage the adoption of LTP policies supportive of measures to assist use and enhance the safety of motorcycle users locally.

Method

In order to reach the widest possible audience, MCI adopted the following key elements in its LTP campaign

- Dedicated project staff.
- Research, preparation & Distribution of a new local authority motorcycling advisory booklet: (Powered Two Wheelers The SMART Choice).

- Research, preparation and distribution of an extensive motorcycle policy ‘Toolkit’ (Powered Two Wheelers. The SMART Choice In Local Transport Plans. A Policy Resource Kit).
- Presentations to individual local authorities.
- Liaison with, and technical support to, local actors (transport planners, local users and business).
- A series of presentations to Regional Government Offices.
- Liaison with the Department of the Environment Transport and the Regions through the Governmental Advisory Group For Motorcycling.
- Ad-Hoc advice and support.

Powered Two Wheelers The SMART Choice (Or SMART)

The first stage in the project was the development of a policy guidance booklet. SMART was essentially an overview of the type of measures that can be considered as part of a local transport plan. Initiatives were addressed under the themes: **S**ustainability, enhanced **M**obility, **A**ccessibility, **R**ealistic (as an alternative mode to the car) and **T**ransport choice. Key policies included parking, priority measure access, safety, environmental considerations and green transport plans.

Although SMART was a new work, it drew extensively on existing knowledge and publications (including those by the author). A ‘reinvention of the wheel’ was not felt to be appropriate as there were already several coherent policy strands under development by different groups. SMART served to draw these together in an easily digestible information booklet.

During February 1999 SMART was mailed to over 400 UK local authorities, Government Offices, Regional Development Agencies and selected academic institutions/policy think-tanks. The option of a presentation from MCI staff was offered. The response was generally favourable, with a number of LAs asking for further information and presentations.

Powered Two Wheelers. The SMART Choice In Local Transport Plans. A Policy Resource Kit (Or The KIT)

The policy ‘Kit’ was developed as a detailed policy & planning document and was published in August 1999. The Kit expanded on themes that had been explored in SMART and set out detailed notes and background information in stand-alone sections. The Kit also served as a resource for LAs, by providing examples of best practice, contact details, research abstracts and sources for further reading.

The following main themes were considered:

The local transport plan & the development of local motorcycle strategies A section containing guidance about local consultation mechanisms, available policy advice, user group structures and the types of policies that can be considered.

Motorcycle parking measures A detailed section which outlines the problem of motorcycle theft and physical on-street measures that can be employed to tackle this. The section includes best practice in the design and placing of secure parking facilities and a directory of manufacturers and suppliers.

Traffic management priority measures Details the background to access measures such as bus lanes and Advanced Stop Lines (ASL) by motorcycles. The Bristol scheme, it's history and development are reviewed in detail. Policy guidance is provided and the more contentious issues surrounding motorcycles and bus lanes are explored.

A new approach to motorcycle safety The background to the UK motorcycle safety record is explored and trends analysed. The record is compared to other road users. Current and future actions to further improve the motorcycle safety record are considered.

Motorcycles and the modern urban environment The background to Britain's urban mobility problems are explored, with motorcycling placed into this context. The role of motorcycling as a commuter vehicle is considered and its benefits to the environment outlined. Fuel energy and efficiency are discussed, with the section finishing on current and future actions towards motorcycle emission output reduction.

Research papers & other resources A bibliography of research papers and current sources of information.

Policy extracts A compendium of policy advice from different Government departments.

Useful contacts The main contacts within the UK motorcycle community.

Key UK and European motorcycling legislative events from 1960 For general reference, a chronology of British and European legislation, placed alongside key developments in motorcycle policy.

Audit & review procedures Audits of new schemes or modification of existing schemes. Review of the whole highway infrastructure. Placing motorcycles as

integral to the transport design process, stressing that highways authorities will need to compare the needs and vulnerabilities of different modes in order to reach a balance between efficient and safe operation of the highway network for all road users. Guidance is given on a wide range of motorcycle-inclusive measures.

The Kit was presented in loose-leaf format and placed within a ring-binder. The binder left space for both future updates and the inclusion of other resources that the user may feel appropriate. A further copy of the original SMART booklet was placed within the cover.

The mailing list was more selective than that used for the original SMART booklet. It was mailed to highways authorities (approximately 116), London boroughs and selected borough and district councils. Government Offices and RDAs were once again approached. Requests for the Kit were also received from public and private organisations, political parties, motorcycling groups and the press.

Presentation Programme

A complementary presentation was prepared to assist MCI staff in the delivery of briefings to local authorities. Presentations were delivered to local authorities and other public forums such as Regional Development Agencies and Government Offices For The Regions. The presentation briefing outlined the case for motorcycling in LTPs and Key themes were outlined in greater detail given their sometimes controversial nature. These were:

- The current UK motorcycle market.
- Environmental issues.
- A further discussion of motorcycle safety, with the local situation analysed where possible.
- The range of policy initiatives for motorcycling within the Local Transport Plan.

The presentation concluded with a round-table discussion which allowed the opportunity for detailed questioning and helped to further clarify the issues under discussion.

A varied audience attended the presentations. Participants ranged from LA planners, through representatives from the local/regional police forces to members of the local motorcycle community.

Items of key interest among the participants were:

- **Safety** A key issue for both planners and police forces. Discussions aimed at understanding the issues were often quite long-drawn out. With a large amount

of effort put in to make participants (particularly the police) appreciate motorcycles beyond pure casualty figures and perceptions of danger. The vulnerability of motorcycles was stressed and the importance of priority measures as an aid to local motorcycle safety programmes outlined. MCI's view was that to do nothing for motorcycling locally, was essentially a blue-print for further motorcycle casualties. In the majority of cases it proved possible to gain a commitment to look further at safety issues and develop local strategies to integrate motorcycling as part of a wider approach to local road safety. Only in one case was it impossible to break a very narrow view of motorcyclists as 'dangerous'.

- **Bus lane / Advanced Stop Line (ASL) access** After safety, access to priority measures was the issue of greatest contention. In this case, LA planners tended to react to both an in-built perception that access would lead to speeding motorcycles and opposition from local environmental and cycling groups. Police forces generally did not support access to priority measures due to fears of 'hoards of speeding motorcyclists'. Interestingly, the results of existing bus lane access schemes that show these fears to be unfounded were rejected out of hand by police representatives, with no commitment given to review police policy in light of recent developments.

Despite sometimes very difficult discussions, the majority of LAs that were approached have consulted locally on priority route access, with a number now committed to investigate these policies further, or in the process of establishing fully monitored experimental schemes.

- **Motorcycle noise** 'What is the industry doing about motorcycle noise?' was a question often put to industry representatives. In this case, it was possible to outline industry developments and the role of public authorities in the continuing problems of motorcycle noise complaints, particularly the lack of enforcement of existing regulations.
- **Secure Parking** Of all the measures discussed, secure parking received the greatest support and commitment. The lack of technical information and guidance from Government was seen as a particular problem, which to a small degree has been addressed by the publication of the Kit. A large number of local authorities are now implementing motorcycle parking policies.
- **The expanding market** Great interest was expressed in market trends. LAs generally agreed that action to accommodate parking for new commuter motorcycle users was desirable.
- **Local consultation issues** A key recommendation from MCI was the establishment of local user forums. Advice was sought on ways of approaching local

users for the purposes of consulting on local motorcycle strategies. Two examples of best practice were referred to: the Sandwell (Near Birmingham, West Midlands) Motorcycle Strategy and the then Avon Motorcycle Forum (referred to above).

Two important initial results were the positioning of MCI as a consultative group and the establishment of the organisation as a source of technical information. In addition, requests for further contact information about local users who could contribute to the LTP process were received. In a number of geographical areas, MCI was able to act as a 'catalyst' for activity between local users and LAs.

The Governmental Advisory Group For Motorcycling

Of further assistance to the development of the project was the formation of the Governmental Advisory Group for Motorcycling. The Group met for the first time in May 1999 and draws expertise from a wide cross-section of the motorcycle community, police, road safety interests and Government Departments. The Group's remit is to investigate motorcycling initiatives in order to advise Ministers on the future role of motorcycling within national transport policy.

Key to the Group are a series of sub-groups which deal with various topics from safety, through to integration. The Integration and Traffic Management Group is specifically considering LTPs and the role of motorcycling within these. This has allowed a full and frank discussion on both policy advice to local authorities and the types of mechanism that can be contained in a wider strategy. A number of areas for new research have been identified.

It is unlikely that the Advisory Group will report before the end of 2001, but once this takes place it is hoped that the knowledge gap will have been significantly reduced in size.

Results Of 1999 Year One Activities

Draft, one-year, LTPs were due to be published in July 1999. Unfortunately a number of different delays led to varying publication dates and it proved difficult to obtain a full range of LTPs for review directly from LAs. However, the DETR made LTPs available for view during the autumn, which allowed the opportunity to review the range of LTP submissions, particularly those from highways authorities who have a particular responsibility for transport policy.

Results to January 2000 are outlined in Appendix A. The results indicated are based on how LA policy towards motorcycling has changed during the provisional LTP

process. As mentioned previously, there are in excess of 400 local authorities, with the DETR expecting over 100 highways authorities to produce draft local transport plans. Many borough and district authorities have also produced transport plans. Returns for 1999 indicate a total of 123 local authorities who are known to be either considering the next steps in motorcycle policy development, or are to announce new schemes. It should be noted that neither the DETR or the author have received a full set of more locally-based borough or district plans, so this total could rise.

By way of summary, the following table outlines the known level of LA policy development activity on selected measures. It is stressed that although these results include announced schemes, the majority of provisional LTP measures are currently proposals for consideration, not agreed and implemented transport policy.

Initiative	Total Before July 1999	Total After July 1999
Bus Lane Access	7	10
Bus Lane Consideration	0	28
High Occupancy Vehicle Lane Access	2	3
Advanced Stop Line Access	0	2
Parking schemes (secure & other)	47	90
Green Transport Plans	Unknown	7
Use Targets	0	1
Unspecified 'improvements'	0	1
Safety Concerns	Unknown	22
Provision of small PTW for jobseekers	0	3
Safety Initiatives	Unknown	32
Local Forums & Consultation	4	18
Explicit Lack of Action	Unknown	1
Scooters for Parking Attendants	Unknown	1
Travelwise Schemes	Unknown	1
Parking Charge Exemption	Widespread	Widespread
Explicit Consideration in Infrastructure Planning	0	7
Access to Future 'No Car Lanes'	0	1

Project Activities For The Year 2000 And Beyond.

Results from 1999 suggest clear progress in the development of motorcycling as a means of alternative transport. If the success of the project was purely measured in terms of the numbers of new initiatives gained, then we could all relax and the party begin.

However, there are still a number of considerations that need to be addressed in order for initiatives to be translated into fully implemented schemes and sustainable long-term progress made towards integrating motorcycles into the transport planning process.

The Changing UK Political Climate.

The UK Governmental Advisory Group process was described above. The 'agnostic' position which has been adopted by Government has led Ministers to take the view that the case for motorcycling must be proved before Government takes favourable action – particularly in the areas of safety and environment. On a more positive note, both Ministers and officials are now considering the case for integration and by encouraging (for example) fully monitored experimental bus lane access schemes, are taking a closer look at the argument that improved facilities can lead to improved safety.

In addition to this attitudes among both the public and politicians of all political parties are rapidly changing. Motorcycling is increasingly seen as a viable alternative to the car, occupying its own place within a hierarchy of transport, which can provide part of the solution to the UK's transport problems. Huge increases in moped and scooter registrations bear witness to this. Work will continue with Central Government, with the aim of developing overarching policies that can lead to the full integration of motorcycling within national traffic management and road safety policies.

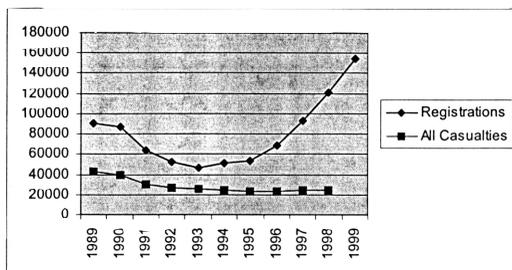
Some Key Policy Issues

Road Safety

After several years of sustained improvement to the UK motorcycle accident record, casualty numbers are once again on the increase. This has been put down to a number of factors, though one item of major concern has been the increase in accidents among older riders in rural areas. This only indirectly affects the issue of motorcycling in urban mobility policy, but still serves to reinforce a perception of motorcycling as dangerous.

Against this, is set a background of increasing motorcycle use, with sales of motorcycles in the UK having risen from a low of 46,724 in 1993 to 152,682 in 1999 – a 226.77% increase. Between 1998 and 1999, Government figures show a 16% increase in distance travelled by motorcycles, meaning that despite the recent increase in accident numbers, motorcycling overall continues to get safer in the United Kingdom as the accident **rate** (a much more accurate measure of road safety than casualty numbers) continues to fall.

Despite this, the pressure for improvement still continues. In March 2000 the UK Government announced new road safety targets for 2010 which demand a 40% decrease in accident numbers across all modes. There is no specific target for



**Breaking The Link Between
New Motorcycle Registrations
and Casualties**

motorcycles, though a number of actions across all modes are contemplated which can help to improve road safety among motorcycle riders. Many of these involve partnership between Government, industry and users. Additionally, the MCI will be announcing new safety initiatives during 2000 and 2001.

Access To Priority Measures

The results show an increased, though cautious, interest in allowing motorcycles access to bus lanes. The Government have to a small extent assisted the process by calling for fully monitored experimental schemes. It is considered that the effect of the long-standing Bristol scheme has not been fully evaluated and a closer monitoring of new access schemes will answer questions relating to the scheme's impact on both accessibility and road safety. MCI is currently working with Government and LAs to encourage a common methodology for research that can evaluate the effectiveness of such schemes. This will lead to better informed policy and clearer advice to LAs.

With regard to motorcycle access to Advanced Stop Lines (ASL), only one LA has announced this as part of their package of measures. The development and results of what is for the UK an entirely new initiative will be closely followed by both Government and the motorcycle community.

High Occupancy Vehicle Lanes are a relatively new phenomenon on the UK. All allow access by motorcycle.

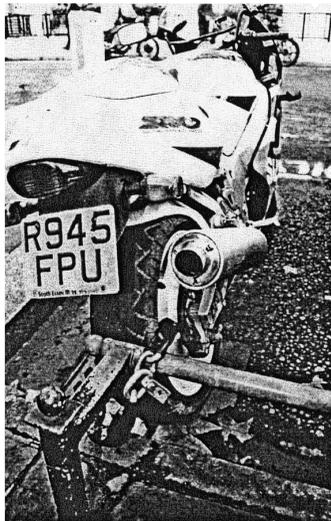
Parking Measures

This is the one measure that has received the greatest support from LAs, with 90 now looking at improved facilities for motorcyclists in terms of both numbers of pla-



Motorcycles & Bus
Lanes In Birmingham

ces and the security of facilities. Despite this, at least one London authority is considering restrictions on motorcycle parking and the introduction of parking charges. This proposal is currently subject to resistance from the motorcycle community as it is felt that in a climate of chaos in the London public transport sector, restrictions on motorcycle parking sends the wrong messages to car drivers regarding modal shift.



Secure Facilities in
Westminster

Work will continue with LAs in order to establish best practice in the design and construction of facilities and to develop local policies which can improve access and security for motorcycle users

Environment

It is felt by both Government and LAs that the environmental case for motorcycling has yet to be proved, particularly with regard to larger motorcycles. It is known that in pure pollutant output terms, larger motorcycles do not perform well against small cars per passenger mile (assuming four occupants per car), but this fact does not take into account real-life urban traffic conditions, which is, in the main, generated by cars with a single occupant.

In order to better understand the real-life situation, industry has called on Government to commission new studies to analyse the real impact of motorcycling on traffic pollution and congestion.

The Influence of Cycling and Environmental Groups.

In the UK, these groups are, in the main, either opposed, or actively hostile to motorcycling. This is unfortunate, particularly with regard to cycling groups, as there are a number of shared concerns on areas such as road maintenance and traffic signs.

The main role of these groups has been to create opposition to local policy initiatives in an attempt to make motorcycling policies 'too hot to handle' Fortunately, they have had little sustainable success with this tactic – indeed these lobbies are viewed in many circles as having 'gone too far' in the pursuit of their individual political aims.

Work will continue with the aim of creating a better understanding between groups and the needs of respective users. In the longer term, a consideration of joint activities on areas of mutual concern would be advantageous to all involved.

Developments At Local Authority Level

At local government level, the policy climate is somewhat mixed. Attitudes tend to change depending on the personal views of the LA actors involved. Some are quite enthusiastic about motorcycling, others can be openly hostile and employ highly emotive arguments against motorcycle use. In all cases, integration policy issues

are usually geared towards increasing walking, cycling and public transport use. Placing motorcycling within this mix creates particular problems for the transport planner – particularly when there is so little guidance available from Central Government.

Local authorities consider it vital that local users are involved in the detailed consultation and planning phase and although the main thrust of the project has been to address a knowledge gap, there was also a secondary aim to empower local users to lobby for initiatives in their own areas. As a result of this there has been a range of activities aimed at motivating user groups to work with LAs on local motorcycle policy planning and engage in the LTP process. This activity has led to the formation of a number of local forums and consultation bodies who are considering various strategies, including those announced in the 1999 draft LTPs. Added to this a number of local authorities have initiated activity with key figures at local level.

The 1999 project phase brought motorcycling issues to LA attention, provided expert technical support and initiated debate which has led to the current improved situation in draft LTPs. However, it seems clear that unless this is supported by local action, many announced LTP initiatives will not make it as far as implementation.

There is a clear need to ensure that the positive work of 1999 translates into fully implemented local initiatives for motorcycling in 2000 and beyond. This will only occur in a relatively low number of LAs during the period of the first 'Five Year Plans', but more will be learned about best practice and policy developments will continue both locally and nationally. The current process finishes in August 2000, but this does not close the door for local policy development. Transport planners will be looking ahead and considering their options for the second five-year plans. For this reason, it is envisaged that involvement with the process will continue, with support for the efforts of local actors given where possible. This will involve the following techniques.

- Continued technical assistance to LAs through 'kit' updates and regular contact. A Year 2000 CD edition of the Kit is currently under preparation. This will contain updates to statistical information, a revision of policy advice in light of more positive statements from the UK Government and an update to contact details and other resources as necessary.
- Continued empowerment of local groups and individuals by advice and support from Industry.
- LA Presentation programme to continue, as there is still some way to go before the knowledge gap is finally closed.
- Involvement with the forthcoming ACEM European urban mobility project, in order to highlight best practice across European Union Member States.

- A new seminar programme for highways engineers and transport planners (two to be held in the Autumn and Winter of 2000).
- Presentation of papers at selected transport conferences.

Coda

In conclusion, the project outcome (to date) demonstrates an increase of interest in motorcycling as an alternative mode to the car. Key national and local policy developments have helped to position motorcycling in local transport planning, though the attitude from planners is still one of caution.

It is clear that there is still a long way to go before full acceptance of the legitimacy of motorcycling as an alternative mode is achieved. There are still a number of concerns which revolve around road safety and the environment, though a new political climate is leading planners to move away from either restricting or over-looking motorcycling in the planning process to a position where what can be done within transport planning to address safety and environment is considered.

The 1999 phase of the project did much to raise awareness of motorcycling and its potential role, but the process also raised awareness of the large knowledge gap which exists concerning what is known about motorcycling's impact on traffic, safety and environment. New processes, most notably the Governmental Advisory Group on Motorcycling, have been established to both investigate these issues and inform future policy towards this mode.

In the meantime, it would appear that cautious progress will continue to be made locally, with further development work taking place over the next few years. It is anticipated that a greater understanding of the issues will lead to further positive policy initiatives in the 2005–2010 round of local transport plans.

Bibliography And Sources For Further Reading

UK Local Government

Structure of UK Local Authorities Summarised From the LGMB Information Management Team Website – UK Local Government (www.local.gov.uk).

Integration

Solving the Urban Transport Dilemma: PTWs – a Practical Alternative. (ACEM)

A Guide to Local Authorities, Promoting Two Wheelers (National Motorcycle Council 1997)

Bike To Basics (The Labour Party 1997)

The Citizens Network (European Commission 1996)

PTW use into the 21st Century (British Motorcyclists Federation 1997)
All The Signs Point To Powered Two Wheelers (British Motorcyclists Federation 2000)
Motorcycling. The Road to a Fully Integrated Transport Policy (Carey-Clinch, Brown: Motorcycle Action Group 1997)
Transport Plan For The Avon Area: 1994–2013 (available upon request from the MCI)
The Provisional Bristol Local Transport Plan, (Bristol City Council July 1999)
Guidance on Enhancing Public Participation in Local Government (DETR)
Full Guidance on Local Transport (DETR March 2000)
A New Deal for Transport: Better for Everyone (DETR 1997)
Guidance on Local Transport Strategies And Road Traffic Reduction Reports (Scottish Office 2000)
Welsh Office Guidance for Local Transport Plans (Welsh Office 1999)
Tomorrow's Roads – Safer For Everyone (DETR 2000)

Safety

Primary Motorcycle Safety (RAC/MCIA 1996)
Road Casualties Great Britain: Final Figures 1996 (DoT 1997) Road Accidents Great Britain Series. 1995 to 1998 (DoT/DETR 1996–1999) Transport Statistics Great Britain Series. 1996–1998 (DoT/DETR 1996–1998)
Transport Statistics Great Britain 1997 (DETR 1997)
Transport Statistics Great Britain 1998 (DETR 1998)
Characteristics of Urban Motorcycle Accidents. (Booth, Institute of Motorcycling 1989) A Study of Motorcycle, Moped & Scooter Use in Sandwell (Sandwell MBC 1998)
The Effect of Motorcycle Travel On The Safety & Operations Of HOV Facilities in Virginia (Jernigan, Lynn, VTRC 1995)
Motorcycle Use of Bus Lanes in Bristol: A Video Survey (Balcombe, TRL 1996)
Vehicle Speeds in Great Britain 1996 (DETR 1997)
Motorcycle Safety: A Decade of Progress. (ACEM/IMMA)

Environment

Pollution Research Programme on Powered Two and Three Wheeled Motor Vehicle Emissions (Motor Vehicle Emissions Group [European Commission] 1991)
The Relationship Between Energy Use in Transport and Urban Form (Banister, Wood, Watson 1994) Bus Emissions and Air Pollution in London (London Transport Buses 1995)

Secure Parking

Parksafe 97 – The Secured Car Parks Scheme (Thames Valley Partnership 1997 [Available from MCIA on request])
A Guide To The Design And Provision of Secure Parking For Motorcycles (NC Brown 1996)

**Improving the Urban Use of Powered Two-Wheelers:
The Organisation of Seminars for Municipalities**

***Innerstädtische Verbesserung der motorisierten
Zweiradnutzung:
Veranstaltung von Seminaren für Stadtverwaltungen***

Jose Franqueira

Ansedor (Spanish Industry Association) – Madrid
Spain

Abstract

Assuring the mobility of citizens in town is one of the biggest challenges for the European cities.

Improving public transport and discouraging the use of car has been the usual transport policy adopted by the local councils.

This solution has proven to be incomplete and nowadays there is a recognition that a balanced combination of public and private transport is a much better solution for urban mobility.

Mopeds and motorcycles, the Powered Two-Wheelers, because of their little use of space, both when parked or in use, are an excellent tool for individual urban mobility or as a complement to the public means of transport.

This paper proposes the organisation of Seminars for municipalities as an approach that has proved to be successful in Spain to improve the urban use of Powered Two-Wheelers.

Representatives from municipalities, citizens and experts from the industry, both at national and European level, have had the opportunity of discussing the mobility in the European cities, the role that Powered Two-Wheelers can play in it and the measures proposed by the experts for the weak points identified by the local authorities.

This paper presents as well the conclusions of the two seminars organised so far in Spain.

Introduction

Transport, mobility, has been an aspiration of the human being for ages.

Taking goods or persons from one place to another in a more efficient way is a never-ending task for any culture along history.

As part of this subject, the personal transport, mobility, has always been very important.

The motorized means of transport, first with two wheels, afterwards with four, together with everyday better roads, have marked indelibly the history of the twentieth Century.

Nowadays an individual may leave home in the morning, have a working meeting in a city 200 Kms. away, return for lunch, do some shopping in the afternoon at the centre located 10 Kms. from his/her home and still have some leisure time in the evening.

This is what could be called a regular day for a business-man/woman.

In the nineteenth century he/she would have been called a hero ... or a liar.

If the mentioned example is combined with the airplane and the electronic communication systems (telephone, telefax, internet) we can understand why immediate is a word that defines the historical moment that we live in.

However, with the growth of motor vehicles in use, problems are arising.

The cities have grown in what residential and industrial areas are concerned, but this has led to a bigger number of persons who want to reach the centre area of the city for working, trade, culture, leisure and other reasons, amongst them a quite curious one: reaching the opposite end of the city itself!

Access to shops, offices, and other centres of activity becomes difficult and the citizen doesn't find any more the quality that was more appreciated of the city: the immediate solutions to his/her needs.

As a consequence, local authorities of all cities throughout Europe are facing a big challenge, which could be described at the same time as European and local. It is European as traffic congestion constitutes a problem for all the European cities.

The structure of the cities is very similar as well: none of them was designed, normally during the medium age, for the motorized means of transport.

Therefore the solutions adopted are very similar too.

But the subject is local as it is the cities own responsibility to apply solutions that might ensure their vitality through a flexible and efficient traffic system.

There are very well known initiatives that are applied in this twofold approach.

They are the measures applied throughout all Europe and at the same time their application is the individual responsibility of the local councils at different and differing cities in our Community, all of them sharing however a very important feature: their centres were built up much before than motorization.

Against traffic congestion the cities have first created several ring roads around the centre, stretched the infrastructure (streets, subways, flyovers, underground parkings) as far as possible, at a very high economic cost and affecting as well the quality of life of the citizens.

This initiative has proved to be insufficient and has been combined traditionally by the authorities discouraging the use of car and favouring the public transport, which in some areas has solved the problem, specially those close to the centre at working hours.

Problems have arisen when trying to expand this approach to other areas of the city and when transport is required late at night or early in the morning.

The high investment required, which is uneconomical in many cases, results in a service that is not up to the quality and efficiency required by the citizens.

As a consequence, the centre of the city becomes less attractive and the citizens replace it by other areas where they find less problems to use private transport.

Strategies towards a sustainable mobility

These results have modified substantially the local councils approach and nowadays there is a recognition that a certain degree of private transport in combination with public transport is necessary to keep the balance of a modern and active city.

There is also a very important word that, also in this field, has arisen in the last few years: sustainability.

Many cities have realized that to reach a sustainable development they have to involve everyone in the city projects.

Therefore in many cities along our territory all various citizens associations together with traders and industry, are signing a document called “Agreement on mobility” that contains the big items upon which the city is building its sustainable mobility for the coming years.

Amongst the main objectives of these agreements there are some that are remarkable under the point of view of the possible contribution of Powered two wheelers:

- To improve the quality and efficiency of public transport.
- To maintain the average commuting speed.
- To improve the surface and quality of the space that is used by the pedestrians.
- To increase the number of parking spaces and to improve their quality.
- To improve road safety.
- To reduce pollution and noise caused by traffic.

The role of Powered Two-Wheelers in urban traffic

As may be deduced from these objectives for a sustainable mobility, a transport mode that uses little space and a small amount of fuel could be an interesting partner for these agreements.

In Spain, at the Two-Wheelers sector, we follow very closely the development of this agreements and we have become signatories in several cities.

We have been producing since the very beginning of motorization vehicles, mopeds and motorcycles, which have very interesting characteristics for urban traffic.

They use a very small surface both when parked and in movement, and they consume very little energy to move from one place to another.

The manufacturers are developing vehicles that are everyday more user-friendly and adapted to the citizen requirements.

They may carry two persons, whilst the average of private transport is of 1,2 persons per trip.

These advantages and the solutions to the weak points, that are often associated to the Powered Two-Wheelers use, have to be brought to the attention of local

authorities, as many of them might find interesting to include a Powered Two-Wheelers transport policy in their mobility plans.

It is very well known that some cities have found in mopeds and motorcycles a very interesting complement to the public transport. If properly informed, others cities could find interesting to include the Powered Two-Wheelers use in their mobility plan.

The Seminars about Mobility

These are the reasons that lead ANESDOR, the Industry Association in Spain to liaise with FEMP, the Spanish Federation of Municipalities, to set up a series of Seminars addressed to the local councils in order to discuss urban mobility and the role that Powered Two-Wheelers may play in it.

Two Seminars have taken place so far the 1st in Madrid in March 1998, the second in Valencia in November 1999 and a third one is being organized now for February 2001 in Barcelona.

The objective of the Seminar, designed on a multidisciplinary basis, is a two-fold:

Firstly, to show different points of view about urban mobility, the role of PTWs and how to improve it and, in second place, to offer practical solutions to the problems associated to the use of PTWs.

The participants are the traffic councillors of the main Spanish cities (population over 50.000) and the media are invited as well.

The speeches are from Authorities at local councils of European cities: Amsterdam, Rome, Madrid, Barcelona and Valencia have shared their experiences at the Seminars so far.

Users have also expressed their views.

And experts have supplied their expertise in tackling with both positive and not so good aspects of the urban use of PTWs. Sociologists, engineers, road safety experts have offered a very professional point of view.

The European Commission has also been represented by the Directorate General for Energy and Transport that has informed of the Commission's views and initiatives to the challenge in which Europe is involved in what regards traffic and road safety.

Conclusions of the Seminars about Urban Mobility and Powered Two-Wheelers

This multiple approach has proved to be very effective to reach comprehensive and valid conclusions that, as has been said previously, are at the same time global but may be individually tailored to suit any particular city needs.

The main ideas obtained from these seminars are the following.

There is a strong need of an alternative to private transport that uses less space and energy.

Two-Wheelers, both without and with engine, are seen with a lot of interest by the municipalities because they have these characteristics. With performances that are at the same level of the rest of the traffic, the Powered Two-Wheelers are better suited to cities where no special infrastructure exists or is foreseen for the Two-Wheelers.

Local authorities are prepared to favour their use by setting up specific parking facilities for these vehicles and allowing them into the bus and high occupancy vehicle lanes.

During the Seminars experts have shown that a more frequent use of Powered Two-Wheelers saves time to their users, but also to the users of other transport modes, both cars and buses.

The demands of the authorities relate to low and zero emission vehicles, being safety and attitude of the users their major concern, although they understand and accept that all citizens and the authorities as well, must be involved in the solution to these problems.

In Spain the noise of Powered Two-Wheelers is also raised as a weak point by the municipalities.

The discussion of this subject has allowed authorities to understand that it is the use of illegal exhausts, by young users in a high percentage of the cases, that causes the nuisance often attributed to the Powered Two-Wheelers.

The local councils have asked the Industry for help and in ANESDOR we have developed a booklet and a video where the procedure to perform roadside checks is explained in an easy way.

We supply as well another booklet with the reference sound levels of all the vehicles type-approved in our country.

During the Seminar that took place in Madrid, we also showed the device developed by the Police in Amsterdam that makes these controls even easier.

We think that using the information supplied, local police just has to enforce the law and, as a result, noise should reduce its importance as a problem for the citizens.

As a big conclusion of the experience obtained so far, we would like to remark that Powered Two-Wheelers, both mopeds and motorcycles, need to have their useful characteristics for urban traffic brought to the attention of the local authorities, in a professional way, to overcome an incorrect image that in some situations exists and to give them the confidence that, if they adopt a policy that favours the use of these vehicles for the private transport, there will be no impossible difficulties to overcome as a consequence.

The organization of Seminars, where different views about mobility are shown and the role that Powered Two-Wheelers may play in it is analysed, have proved to be very successful in achieving this result, and since then we have seen as a consequence that PTWs are included in the agreements on mobility of several cities and that, in general, measures to favour their use are adopted nationwide.



**Examples of solutions adopted
in Spanish cities to favour
Powered Two-Wheeler use**

References

- [1] Diekmann / Moscato / Sergeys. *Solving the Urban Transport Dilemma: Powered Two-Wheelers – a practical alternative*. ACEM. Belgium. Brussels. 1997.
- [2] Moscato / Sergeys. *Smart Wheels for city streets*. ACEM. Belgium. Brussels. 1997.
- [3] Amando de Miguel / Roberto-Luciano Barbeito. *La Movilidad Urbana y los Vehículos de Dos Ruedas*. Madrid. Spain. 1998.
- [4] *Powered Two-Wheelers. The Smart Choice*. MCI. United Kingdom. Coventry. 1999.
- [5] *Powered Two-Wheelers. The SMART Choice in Local Transport Plans*. MCI. United Kingdom. Coventry. 1999.
- [6] *The Role of Powered-Two Wheelers in Urban Mobility*. Centro Studi Traffico / ACEM. Italy. Milano / Brussels. Belgium. 1999
- [7] *El Ruido en Ciclomotores y Motocicletas*. ANESDOR. Spain. Madrid. 1999.

Motorrad-Bremsregelsysteme der Zukunft

Motorcycle Brake-Control-Systems of the Future

M. Braunsperger

S. Beulich

A. Wagner

BMW Motorrad – München

Deutschland

Abstract

BMW Motorrad hat 1988 das erste ABS-System für Motorräder eingeführt und 1991 bei der neuen Boxer-Generation mit der zweiten ABS-Generation markante Funktions-verbesserungen erzielt.

Mit der Einführung eines preiswerten ABS-Systems für das Einsteiger Modell F650GS und den C1 im Frühjahr 2000 konnte BMW als erster Zweiradhersteller das Angebot eines „Advanced Braking Systems“ auf die ganze Modellpalette ausdehnen.

Zukünftige Zweirad-Antiblockier-Systeme werden weitere Horizonte öffnen, auch wenn die komplexen Regelsysteme noch viele Fragen und aufwendige Entwicklungen verlangen. Die Möglichkeiten moderner Software sind gerade bei den Systemen aktiver Sicherheit beim Motorrad noch nicht voll ausgeschöpft. Auch das beim Motorrad stets unerwünschte Zusatzgewicht und die Systemkosten bieten noch Optimierungsmöglichkeiten. Markante Fortschritte bei der Bremstechnologie werden das Motorrad in Zukunft für den Kunden noch attraktiver und sicherer machen.

Hinweis:

***Das Manuskript des Vortrages wird als Sonderdruck
dem Tagungsband beigelegt.***



ifz

INSTITUT FÜR ZWEIRADSICHERHEIT e.V.

Forschungshefte Zweiradsicherheit

Bisher erschienen:

Band 1

**Koch, Hubert:
Stufenführerschein
für motorisierte
Zweiradfahrer**

Synopse der vorliegenden Modelle und Untersuchung der empirischen Grundlagen.

Unter Mitarbeit von Dorothee Böhmer.

Bochum, 1983
(vergriffen).

Band 2

**Schüler, Florian u. a.:
Der Körperanprall
gegen Schutz-
planken beim
Verkehrsunfall
motorisierter
Zweiradbenutzer**

Bremerhaven, 1984.
(vergriffen).

Band 3

**Koch, Hubert (Hrsg.):
Der Motorradunfall**

Beschreibung, Analyse,
Prävention.

Bremerhaven, 1986.
29,- DM

Band 4

**Bayer, Bernward:
Das Pendeln und Flattern
von Krafträdern**

Untersuchungen zur Fahrdynamik von Krafträdern unter besonderer Berücksichtigung konstruktiver Einflußparameter auf die Hochgeschwindigkeitsgeradeausstabilität.
Bremerhaven, 1986.
(vergriffen).

Band 5

**Koch, Hubert (Hrsg.):
Passive Sicherheit für
Zweiradfahrer**

Referate des
2. Bochumer Workshops
für Zweiradsicherheit.
Bochum, 1987. 29,- DM

Band 6

**Koch, Hubert (Hrsg.):
Motorradfahren.
Faszination und Restriktion**

Bochum, 1990. 49,- DM

Band 7

Safety – Environment – Future

Proceedings of the 1991 International
Motorcycle Conference.
Bochum, 1991. 98,- DM

Band 8

**Sicherheit –
Umwelt –
Zukunft II**

Tagungsband der
2. internationalen
Motorradkonferenz
1998.

**Safety –
Environment –
Future II**

Proceedings of the
1998 International
Motorcycle Conference.
Essen, 1998. 48,- DM

Band 9

**Sicherheit –
Umwelt –
Zukunft III**

Tagungsband der
3. internationalen
Motorradkonferenz
2000.

**Safety –
Environment –
Future III**

Proceedings of the
2000 International
Motorcycle Conference.
Essen, 2000. 48,- DM

NOTIZEN

NOTIZEN

NOTIZEN

NOTIZEN

NOTIZEN
