

Vom Verletzungsschutz zur Unfallprävention

Eine interfakultative Aufgabe im Forschungsfeld eines Institutes für Rechtsmedizin und Verkehrsmedizin

Florian Schueler, Thorsten Adolph, Karsten Steinmann, Rainer Mattern

Teil 2

Im ersten Teil des Beitrages „Vom Verletzungsschutz zur Unfallprävention“ wurden Forschungsarbeiten hinsichtlich der Weiterentwicklung des Verletzungsschutzes von der Theorie über „Meßwerkzeuge“ (Dummies) bis zu den Verletzungsschutzsystemen im und am Fahrzeug – vornehmlich Pkw – vorgestellt. Teil 2 des Beitrages befaßt sich mit der Motorradsicherheitsforschung am Institut für Rechtsmedizin und Verkehrsmedizin Heidelberg sowie insbesondere mit Untersuchungsmethoden und Systemen der Unfallprävention. Thema sind außerdem mögliche Synergien aus ärztlicher Kunst und Ingenieurwissenschaft.

Projekte der Motorradsicherheitsforschung werden am Fachgebiet Technologische Biomechanik und Unfallforschung (TBU) des Institutes seit 1980 bearbeitet. Hier lag

der Schwerpunkt lange Zeit auf der Verbesserung der passiven Sicherheit, d. h. des Verletzungsschutzes der Motorradaufassen. Insgesamt wurden über 1400 Unfälle motorisierter Zweiradfahrzeuge im Zusammenwirken von Ingenieuren und Medizinern interdisziplinär rekonstruiert und hinsichtlich der Verletzungsentstehung und den daraus ableitbaren Möglichkeiten des Verletzungsschutzes analysiert. Vier Aspekte standen und stehen im Vordergrund:

- Persönliche Schutzausrüstung und Schutzhelme – Funktion und Verletzungsschutz
- Kompatibilität des Umfeldes
- Systeme am Motorrad
- Aktive Sicherheit beim Motorradfahren

Insgesamt galten die Untersuchungen immer wieder auch der Verbesserung der persönlichen Schutzausrüstung, insbesondere der Schutzhelme [4, 5, 7, 10, 12]. Hiermit im Zusammenhang standen und stehen darüber hinaus Formulierungsvorschläge für Anforderungen in einschlägigen Normen, die ihre wissenschaftliche Begründung in Arbeitsergebnissen der Unfallforschung und der traumatomechanischen Forschung haben. So wurde das Verständnis für die



Entstehung von Verletzungen nach Art, Ort und Schwere erweitert und vertieft, wobei Kopf- und Gehirnverletzungen sowie Verletzungen der Halswirbelsäule ein besonderes Forschungsinteresse zukam.

Schutzkleidung: Die Untersuchung von Schutzkleidung erfolgte unter den Gesichtspunkten der Kollisionskinematik und der Häufigkeit von Art, Ort und Schwere der Verletzungen, die in

den einzelnen Unfallereignissen verursacht wurden. Dabei zeigte sich, daß drei Eigenschaften als Qualitätsmerkmale von Schutzkleidung eine besondere Bedeutung zukommt:

1. Örtliche (am Kontaktpunkt) gegebene Reiß- und Abriebfestigkeit einschließlich Vermeidung von thermischen Einwirkungen
2. Örtliche Anpralldämpfung (Protektoren), insbesondere an prominenten Körperteilen, großen Gelenken, Becken und Wirbelsäule
3. Globale Hüllsteifigkeit der Schutzkleidung, durch die örtlich profilierte Einwirkungen in möglichen Grenzen flächig verteilt wird.

Wesentliches Ziel der Schutzkleidung besteht außerdem darin, eine Kontamination offener Wunden zu vermeiden.

Schutzhelme: Die Genese von Schädel-Hirn-Traumata ohne und mit Schutzhelm wurde detailliert untersucht. Außerdem ging es darum, die Erkenntnisse bezüglich der Wertegrenzen der Verletzungserzeugung im Schädel-Hirnbereich gegenüber stoßartigen Einwirkungen zu verbreitern und zu vertiefen. Durch die hier gewonnenen Erkenntnisse

konnten die Werkstoffe und die Gestaltung von Schutzhelmen deutlich verbessert werden.

Motorradsschutzhelme bestehen im Wesentlichen aus einer relativ harten, biegesteifen, 3 bis 6 mm dicken Helmaußenschale aus thermoplastischem oder duroplastischem Kunststoff, einer etwa 25 bis 35 mm dicken, relativ weichen Schutzpolsterung aus expandiertem Polystyrollhartschaum (EPS mit volumenspezifischen Massen zwischen 25 und 60 Gramm/Liter) sowie aus einer Komfortpolsterung aus textilkaschiertem Schaumstoff; die Helmgewichte liegen zwischen 1000 und 1700 Gramm (Wunschvorstellung: maximales Gewicht 1200 Gramm). Kommt es zu einem Anprall des helmgeschützten Kopfes gegen ein Hindernis, so wird dieser dann als kritisch bezeichnet, wenn die Anprallstruktur einen größeren Verformungswiderstand bietet, als das aus den oben genannten Komponenten bestehende Helmsystem. Charakteristische Einwirkzeiten eines solchen kritischen Anpralls des behelmten Kopfes liegen zwischen 8 und 15, maximal 20 Millisekunden.

**Bei einem „helmgefilterten“
Kopfanprall wird das klassische
Coup-Contrecoup-Geschehen abge-
schwächt oder unterdrückt**

Bei einem „helmgefilterten“ Kopfanprall wird das klassische Coup-Contrecoup-Geschehen abgeschwächt oder unterdrückt und eher eine Fokussierung in zentrale Hirnregionen begünstigt. Je nach Art und Energiegehalt des Anpralles – Anpralle gegen LKW-Reifen gehören wegen der rückfedernenden Wirkung beispielsweise zu den gefährlichsten Einwirkungen – kann es zum An- oder Abriß von Brückenvenen mit der Folge entsprechender Subduralblutungen kommen. Relativ lange Latenzzeiten können auftreten, bevor sich über zunehmend raumfordernde Sickerblutungen gefährliche Hirndrücke aufbauen, die bei Ausbleiben von therapeutischen Gegenmaßnahmen vitale Hirnfunktionen inhibieren können. Bei tödlichem Verlauf und Obduktion können derartige Befunde am Institut mittels einer speziell entwickelten Darstellungstechnik im eigenen CT erkennbar gemacht werden [17]. Diese traumatomechanischen Zusammenhänge geben Anlaß, in Ergänzung der Begriffe offenes und gedecktes Schädel-Hirn-Trauma, den Begriff des helmgedeckten Schädel-Hirn-Traumas einzuführen. Anzumerken ist hier, daß die ausschließliche Vermeidung von Schädelbrüchen eher als Pyrrhussieg zu sehen ist,

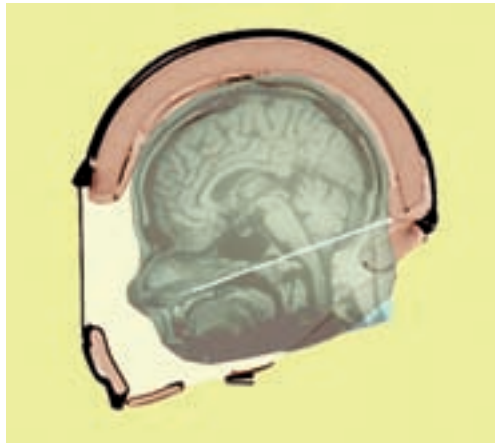


Abb. 1 Superposition von Helm-CT mit MRT des Kopfes des Verunglückten (Sagittalschnitte) zur Beurteilung von Passform und Helmfunktion. Quelle: IRVM, TBU, Heidelberg

denn die anzustrebende Schutzqualität von Motorradhelmen liegt in der Verminderung und Vermeidung von Gehirnverletzungen. Mindestanforderungen an Motorradsschutzhelme, auch bezüglich der bio- bzw. traumatomechanischen Eigenschaften sind in der europäischen Regelung ECE-R 22 (aktuelle Revision 05) formuliert. Lange Zeit wurde in dieser Regelung ein sogenannter Doppelschlag mit der Begründung gefordert, daß es im Verlauf eines Unfallgeschehens quasi an derselben Stelle zu einer weiteren energiereichen Einwirkung am Helm kommen könne. Durch diese Forderung entstanden Helme, die hinsichtlich des Verletzungsschutzes „überdimensioniert“ waren und somit nur einen verminderten Verletzungsschutz bieten konnten. Dieser Zusammenhang ist dadurch zu erklären, daß die Verformung der Schutzpolsterung zu hohe Kräfte erforderte – zu hart war – und somit nicht die Schutzpolsterung verformt, sondern der Kopf verletzt wurde. Im Unfallgeschehen wurden Fälle mit zwei energiereichen Einwirkungen an derselben Stelle des Helmes praktisch nicht beobachtet. Nach den Ergebnissen der Heidelberger Kollisionsanalysen von

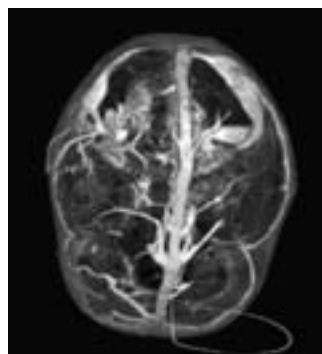


Abb. 3 Darstellung des zerebralen Venensystems (post mortem) nach Kontrastmittelinjektion in den Sinus sagittalis superior, Sicht von kranial, Bauchlage (Volume Rendering Technique aus Spiral-CT-Daten des IRVM Heidelberg)



Abb. 2 Formel-1-Helm mit Top-Down-Belüftung. Quelle: Schuberth Engineering AG, Braunschweig



Abb. 4 Helmabnahme nach Unfall – generell zu zweit! Quelle: IRVM, TBU, Heidelberg

Motorradunfällen bestand ein Anliegen u.a. darin, diesen „Doppelschlag“ aus der Regelung zu eliminieren, was schließlich nach über zehn Jahren auch erwirkt werden konnte.

Häufig aspiriert der verunglückte Motorradfahrer bei noch aufgesetztem Helm Blut oder Erbrochenes

Die in der oben zitierten Helm-Typprüfnorm genannten maximal zulässigen Einwirkwerte der anprallbedingten Kopfverzögerung von 275 g ($g = \text{Erdbeschleunigung} = 9,81 \text{ m/s}^2$) und des Kopfverletzungskriteriums (Head Injury Criterion), HIC = 2400, sind einerseits traumatomechanisch nicht nachvollziehbar, da viel zu hoch angesetzt (tödlicher Bereich, falsch dimensionierte Helme). Andererseits bedarf es weiterer Entwicklungs- und Optimierungsarbeiten bei der Helmkonstruktion, um die entsprechenden, aus traumatomechanischer Sicht zu fordernden Werte von 80 g (3 ms) und HIC = 1000 zu erreichen. Allein Verkaufspreise von 39 Euro für ECE-R 22 geprüfte Helme im regulären Angebot lassen erkennen, daß Normungsarbeit und Helmtechnologie hier seit geraumer Zeit stagnieren.

Hinsichtlich des Helmabnehmens nach einem Motorradunfall bestanden lange Zeit Befürchtungen, möglicherweise vorhandene Halswirbelsäulenverletzungen durch Kräfte und Relativbewegungen beim Absetzen des Helms zu aggravieren; es hat sich jedoch einerseits gezeigt, daß derartige Verletzungen nur äußerst selten vorliegen, andererseits wurde die Vorgehensweise beim Absetzen des Helms nach einem Unfall besonders sorgfältig ausgearbeitet. Ein Problem, das hingegen relativ häufig zu beobachten ist, besteht darin, daß der verunglückte Motorrad-



Abb. 5 a) Integralhelm und dessen Schutzpolsterung (links) nach energiereichem Anprall gegen alten Schutzplankenpfosten. b) Pfostenprofile von Schutzplanken: IP 100 und IPE 120 (Doppel-T-Profil); am oberen Pfosten: Anpralldämpfer der Fa. SPIG; im Vordergrund: Pfosten mit Sigma-Profil; Quelle: IRVM, TBU, Heidelberg



vorher



nachher

Abb. 6 Verletzungsvermeidende Umgebungsgestaltung. Sanierung eines kritischen Fahrbahnrandes.

fahrer bei noch aufgesetztem Helm Blut oder Erbrochenes aspiriert; hier müssen bei der Erstversorgung zügig erste Gegenmaßnahmen getroffen werden – die ein Absetzen des Helms bei nicht bewußtlosem Unfallopfer nicht zwingend beinhalten.

Alte Schutzplankenpfosten forderten hohen Blutzoll

Die systematische Rekonstruktion und Analyse von Motorradunfällen mit Anprall von Motorradaufassen gegen die bis Ende der 1980er Jahre verbauten, in hohem Maße form- und materialaggressiven Schutzplankenpfosten mit „IP 120“- oder „IPE 100“-Profil (Doppel T-Profil) sowie deren Auswertung und Veröffentlichung im Abschlußbericht „Der Körperanprall gegen Schutzplanken beim Verkehrsunfall motorisierter Zweiradbenutzer“ hatte Ende der achtziger Jahre die Neufassung der Vorschriften für abweisende Schutzeinrichtungen an Bundesfernstraßen zur Folge, in der erstmals motorisierte Zweiräder und deren Benutzer Berücksichtigung fanden. Insbesondere wurde die zukünftige Verwendung und bundesweite Einführung des sogenannten „Sigma-Pfostens“ festgeschrieben und vollzogen [3–5, 8, 9].

Motorradspezifische Verletzungsgefahren wurden bei der Analyse von Verkehrsunfällen motorisierter Einspurfahrzeuge wie folgt beobachtet: Bei Frontalkollisionen besteht die Gefahr von Verletzungen im Genitalbereich und einer ungünstigen Beein-



Abb. 7 Windkanalmessungen zur Korrelierung individueller Meßdaten von Testfahrern mit aerodynamischen aeroakustischen Daten an Meßpuppen. Quelle: IRVM, TBU, Heidelberg



flußung der Körperkinematik des Fahrers infolge eines Anpralls gegen zu starre, aufsteigende Kraftstofftanks. Konstruktive Konsequenz: Kontaktkraft begrenzende Sicken am Tank oder eine andersartige geeignete, etwa rampenartige Gestaltung dieses Bereiches (Abb. 8).

Verhakung der unteren Extremitäten am Lenker mit der Gefahr von Hüftgelenkluxationen unter Gefäßbeteiligung sowie einer kritischen Einsteuerung der Körperkinematik (Beschleunigung von Kopf und Oberkörper um den Verhakungsdrehpunkt). Konstruktive Konsequenz: Sollknickstellen am Lenker. Ergebnisse der Motorradsicherheitsforschung in Heidelberg zeigten ferner, daß durch eine kollisionsstaugliche Gestaltung des vorderen Motorradbereiches in Verbindung mit einer entsprechenden „Tankgestaltung“ Raum und Zeit gewonnen werden können, um den Körper des Fahrers in eine anhebende Kinematik zu versetzen und somit aus dem primären Kollisionsbereich herauszuheben; sie ließen in diesem Zusammenhang auch erkennen, das Airbag-Systeme am Motorrad hilfreich sein könnten. Drei Ansätze waren zu diskutieren und wurden verfolgt: 1. Motorradintegrierter Airbag zur möglichst verletzungsfreien Trennung von Fahrer und Kollisionshindernis bei offener Frage des sekundären Körperanpralles. 2. Motorradintegriertes Airbag-System zur vollständigen, möglichst verletzungsfreien Verzögerung des Fahrers im primären Kollisionsbereich. 3. Schutzkleidungsintegriertes Airbag-System zur Minimierung des Verletzungspotentials im gesamten Kollisionsablauf. Realisiert wurde inzwischen der motorradintegrierte Airbag entsprechend dem Ansatz 2 (Abb. 10) eine Be-

wahrung im Unfallgeschehen bleibt der Untersuchung und Analyse einschlägiger Unfälle vorbehalten. Schließlich wurde deutlich, daß durch die nachrutschende Maschine ebenfalls ein erhebliches Verletzungsrisiko besteht. Aus diesem Grund wird versucht, den Koeffizienten der Gleitreibung bei in Seitenlage rutschenden Motorrädern möglichst hoch – jedenfalls höher als den des rutschenden Aufsassens – zu halten.

Das Motorradfahren an sich stellt durch komplexe Regelungsaufgaben im System Mensch-Maschine-Umwelt hohe Anforderungen an den Fahrer

Dem allgemeinen Trend der Verkehrssicherheitsforschung folgend, verschob sich auch in Heidelberg der Untersuchungsschwerpunkt – zunächst im Bereich Pkw-Forschung – in Richtung der aktiven Fahr- und Fahrzeugsicherheit, d.h. der Unfallvermeidung und somit auch mehr und mehr an die Schnittstelle Fahrer – Fahrzeug. So wurde am Institut u. a. eine Methode entwickelt, subjektive Aussagen, beispielsweise von freiwilligen Testpersonen, mittels meßtechnischer Erfassung physiologischer Leistungs- und Befindlichkeitsparameter sowie mithilfe der Verkehrspsychologie an objektiven Feststellungen zu relativieren.

Eine aktuelle Untersuchung der Motorrad-Sicherheitsforschung, die zur Zeit im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen am hiesigen Fachgebiet bearbeitet wird, befaßt sich mit der aktiven Sicher-



Abb. 8 Tankverformung infolge Körperanpralles des Motorradfahrers im Genitalbereich mit schweren Verletzungsfolgen. Quelle: IRVM, TBU, Heidelberg

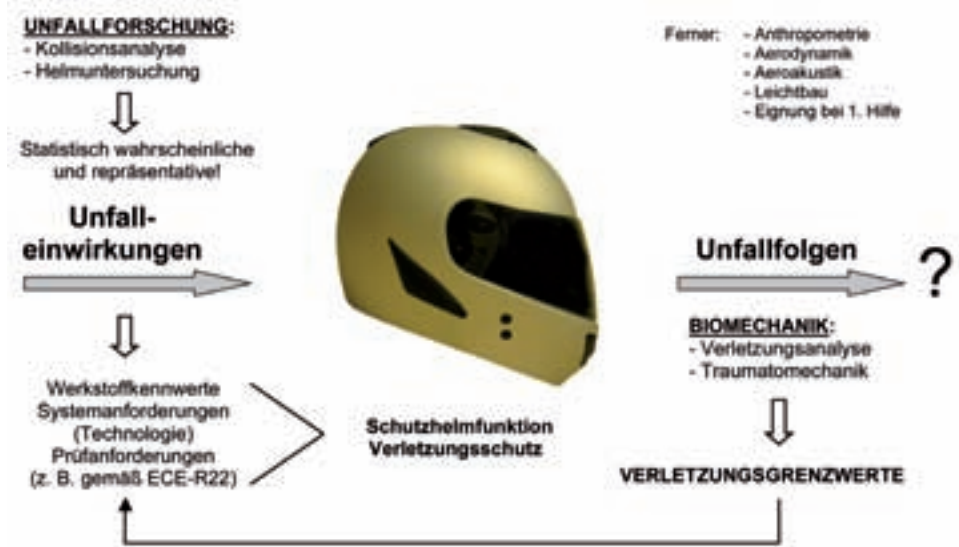


Abb. 9 Methodisches Vorgehen zur Optimierung von Motorradhelmen

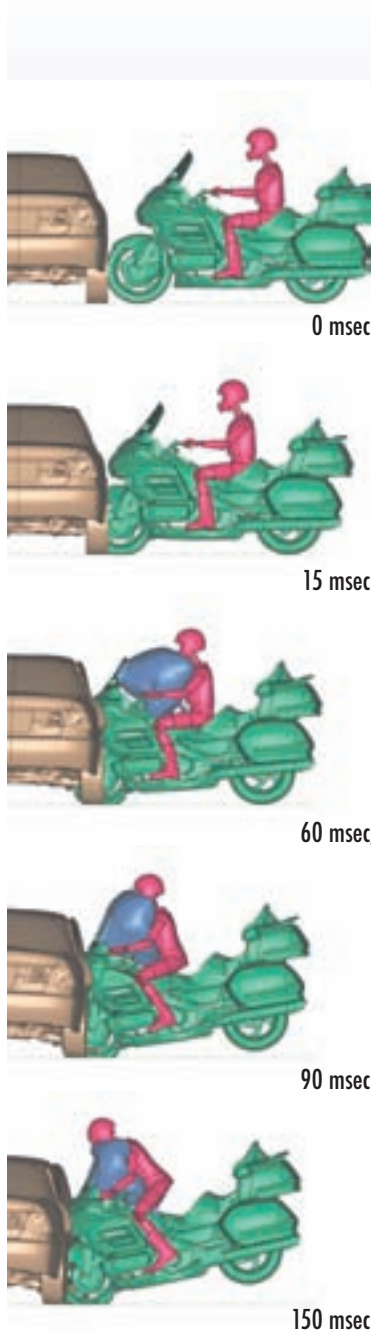


Abb. 10 Bildsequenz eines Motorrad aufpralles bei 50 km/h gegen die Seite eines Pkw mit Airbag-Aktivierung: Der Aufprall soll mittels des Airbags vollständig verzögert werden, ein Ab- oder Überflug soll nach Möglichkeit vermieden werden. Quelle: Honda, September 2005

heit, d.h. der Unfallprävention beim Motorradfahren. Das Motorradfahren an sich stellt durch komplexe Regelungsaufgaben im System Mensch-Maschine-Umwelt bereits hohe Anforderungen an den Fahrer. Je nach Fahrsituation und Fahrgeschwindigkeit können Einflußgrößen wie Strömungseffekte, dynamische Haltekräfte, unzulängliche Belüftung sowie Lärmpegel und Frequenzspektrum von Motorradschutzhelmen die Fahrer, insbesondere deren Gehör und Halsmuskulatur, unterschiedlich stark belasten. Daher ist die nachhaltige Förderung von Konzentration und Kondition des Fahrers wesentlich für die aktive Fahr- und Verkehrssicherheit von Motorrädern aller Art. Derzeit übliche Schutzhelme ließen sich auch hinsichtlich der aeroakustischen, aerodynamischen und innenklimatischen Helmeigenschaften deutlich verbessern. Dieses Verbesserungspotential zu identifizieren und umzusetzen, würde einen wesentlichen Beitrag zur Erhaltung der Fahrtüchtigkeit leisten und damit der aktiven Fahr- und Verkehrssicherheit dienen. Hier ist zu beachten, daß ein spezifischer Informationsfluß für den Motorradfahrer, etwa akustische Zeichen oder Sondersignale, aus dem Verkehrsumfeld sichergestellt sein muß (§ 23 StVO). Durch systematische Untersuchungen einer projektdienlichen Auswahl von



Abb. 11 Umsetzbare Forschungsergebnisse werden erreicht durch Synthese aus Unfalluntersuchungen und Laborversuchen. Quelle: IRVM, TBU, Heidelberg

Motorradschutzhelmen werden die genannten Einflußgrößen an aerodynamischen Meßrobotern und aeroakustischen Meßpuppen sowie an Testfahrern sowohl im Labor (Windkanal) als auch auf Teststrecken (Versuchsfahrten) analysiert. Hierzu wurden aerodynamische und aeroakustische Eigenschaften sowie die Helminnentemperatur bei verschiedenen Geschwindigkeiten an Versuchspersonen in Fahrerposition meßtechnisch erfaßt. In freien Fahrversuchen wurden die Befindlichkeit und die subjektiven Eindrücke von Versuchspersonen durch gezielte Befragungen ermittelt. Die Laborversuche wurden in Zusammenarbeit mit einem Schutzhelmersteller im firmeneigenen Windkanal durchgeführt. Die systematischen Fahrversuche wurden im öffentlichen Straßenverkehr auf einer zirka 20 Kilometer langen Teststrecke auf Landes- und Bundesstraßen sowie Autobahnabschnitten gefahren.

Im Labor und auf der Straße wurden Kräfte, Geschwindigkeiten, Schalldruck im Innenohr sowie Helminnentemperatur gemessen und dokumentiert

Zur Durchführung der Versuche im Labor wie auch der Fahrversuche auf offener Strecke wurde ein unverkleidetes Motorrad der Mittelklasse (Suzuki Bandit 650) mit ABS eingesetzt. Während der Fahrten wurden physikalische Größen wie Kräfte, Geschwindigkeiten, Schalldruck im Innenohr und Helminnentemperatur gemessen und dokumentiert. Ferner wurden mithilfe einer mobilen achtkanaligen Meßkette bei Ableitung über entsprechend platzierte Klebeelektroden während der Meßreihen im Windkanal und der Testfahrten psycho-physiologische Leistungs- und Befindlichkeitsparameter (Elektrokardiogramm, Elektromyogramm und elektrodermale Aktivität) der Versuchspersonen erfaßt und aufgezeichnet. Zur Analyse der Helminnentemperatur und Untersuchung der Effizienz der Helmbelüftung wurden anfänglich drei, später fünf in einer Meßkappe integrierte Temperatursensoren sowie ein Außentemperatursensor als Referenzwert eingesetzt.

Die Helminnengeräusche wurden insbesondere bei 120 km/h und in verschiedenen Sitzpositionen mit zwei „In-ear“ Meßmikrofonen erfaßt und anschließend durch eine Frequenzanalyse der Schalldruckpegel untersucht. Zu unterschiedlichen Zeitpunkten gefertigte Audiogramme sollen weiteren Aufschluß über Belastung und Beanspruchung der Versuchspersonen geben. Im Windkanal wurden

die aeroakustischen Eigenschaften der Helme zusätzlich mit einem Dummy gemessen, der mit einem Head-Acoustic Kunstkopf ausgestattet war. Aerodynamische Eigenschaften der untersuchten Schutzhelme wurden einerseits im Windkanal mit einem auf dem Versuchsfahrzeug installierten und computergesteuerten Meßroboter in verschiedenen Positionen evaluiert. Dabei werden vom Meßroboter die Kräfte und Momente in den drei Richtungen aufgenommen. Daneben geben elektromyographische Messungen des Muskelaktionspotentials (am Musculus sternocleidomastoideus) Aufschluß über die Beanspruchung der Halsmuskulatur durch die bei hohen Geschwindigkeiten (ab 120 km/h) auf den Helm wirkenden aerodynamischen Kräfte. Anhand der Untersuchungsergebnisse sollen ein Anforderungskatalog zur Optimierung zukünftiger Motorradschutzhelme hinsichtlich Geräuschverhalten, Belüftung und Aerodynamik formuliert und sicherheitsabträgliche Auswirkungen des Helmtragens eliminiert werden. Die Ergebnisse werden nach Abschluß der Versuche von der Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht.

Neue PKW-Fahrzeugsicherheits-systeme: Physiologische und psychische Belastung der Insassen untersucht

In einem weiteren Projekt wurden physiologische und psychische Belastungen von Fahrzeuginsassen in Fahrer- und Beifahrerposition beim Vorstraffen von reversiblen Gurtstraffern in der vorkollisionären Phase untersucht. Neueste Weiterentwicklungen von Verletzungs-Schutzsystemen in Personenkraftwagen erwirken einen Zeitgewinn, der aus der Einbeziehung unfallkritischer Schalt-, Regel- und Sensorsignale (vorkollisionäre Phase) der Fahrzeugelektronik gewonnen wird. So kann etwa durch einen automatisch adaptiv aktivierten Gurtaufroller die Wirksamkeit des Sicherheitsgurtsystems und damit die Effizienz der Insassenrückhaltung durch eine vorkollisionäre, reversible Gurtstraffung noch gesteigert werden; die Insassen nehmen also früher an der Fahrzeugverzögerung teil. Zielsetzung einer ersten Studienphase war die Ermittlung der Verträglichkeitsgrenzen hinsichtlich der maximalen Gurtkraft und Häufigkeit bei Gurtvorstraffungen mithilfe dieses erstmals eingesetzten reversiblen Gurtstraffungs-Systemes an Insassen in einem stehenden Fahrzeug. Eine gemeinsam vom Institut für Rechts- und Verkehrsmedizin, Fachgebiet Technologische Biomechanik und Unfallforschung mit dem

Fachgebiet Fahrzeugtechnik (*fzd*) der Technischen Universität Darmstadt durchgeführte interdisziplinäre Untersuchung hatte realitätsnahe Fahrversuche mit einem entsprechend ausgerüsteten Versuchsfahrzeug (Pkw der Oberklasse) zum Gegenstand. Ziel war es, Realisation, Akzeptanz, Verhalten und Befindlichkeit von Fahrzeuginsassen beim Vorstraffen eines reversiblen Gurtstraffers in der vorkollisionären Phase zu untersuchen. Besonders berücksichtigt wurden hierbei die Identifizierung und Objektivierung unerwarteter Ereignisse und Zusammenhänge durch den Vorgang der Gurtstraffung sowie die Untersuchung eventueller Restrisiken, wie beispielsweise durch ein Erschrecken verursachte Lenkradbewegungen. Da es sich um eine Studie mit medizinischen Untersuchungen handelte, wurde vor Beginn der Versuche ein Antrag an die Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Universität Heidelberg gestellt.

PKW-Fahrversuche mit vorkollisionärer Gurtstraffung zeigen: Keine anhalten-den negativen Befindlichkeits-veränderungen bei den Insassen

Die Fahrversuche wurden mit insgesamt 50 Versuchspersonen auf einem abgeschlossenen Versuchsgelände so durchgeführt, daß jeweils Fahrer- und Beifahrerposition mit einer Versuchsperson besetzt waren. Von den zwei Personen im Fahrzeug wurden Versuchszyklen gefahren, die aus jeweils zwei unterschiedlichen Einzelversuchen, welche dreimal hintereinander durchfahren wurden, bestanden. Insgesamt wurden so zirka 600 einzelne Fahrversuchsmanöver absolviert, die sich zu gleichen Teilen aus Brems- und Schleudermanövern zusammensetzten. Durch die Art der einzelnen Fahrversuchsmanöver konnte das Gurtstraffungs-System ausgelöst oder durch Abschaltung, etwa für Placeboversuche, auch unterdrückt werden. Bei jedem einzelnen Fahrversuch wurden fahrdynamische und fahrzeugspezifische Daten zur Dokumentation des Fahrzeugzustandes aufgezeichnet; weiterhin wurden biomechanische und verkehrsmedizinisch rele-

Abb. 12 Seltener Befund: Luxation eines ca. 10 cm langen Rückenmarkabschnittes des Zervikal- und oberen Thorakalmarkstranges bei dislozierter Segmenttrennung Th 3 und Th 4 mit Luxationsfraktur zwischen Schädelbasis und Atlas nach energiereichem dorsalen Anprall eines Motorradfahrers gegen ein geformtes, stumpfes Hindernis. Quelle: IRVM, Heidelberg



vante Leistungs- und Befindlichkeitsdaten bei den Insassen – einschließlich der Gurtkräfte und Kopfbeschleunigungen – gemessen. Ferner wurde von jedem Probanden in Beifahrerposition eine Sequenz synchronisierter Digitalbilder angefertigt. Um die Synchronizität aller aufgezeichneten Daten zu gewährleisten, wurde jeder einzelne Fahrversuch auf einen Startzeitpunkt t_0 getriggert. Begleitend zu den Fahrversuchen wurde eine psychologische Befindlichkeitsuntersuchung durchgeführt, die aktuelle Befindlichkeitswerte und deren zeitliche Änderung als Indikator für das Akzeptanzniveau der Probanden feststellen sollte. Zusammenfassend wurde festgestellt:

- Körpermasse, Körpergröße und Alter, wie auch der Einsatz des Interdentaladapters zur Messung der Kopfbeschleunigung zeigten keinen Einfluß auf die Bewertung einer Aktivierung des reversiblen Gurtstraffungs-Systemes.
- Maximal erreichte Kräfte der Gurtstraffung lagen in beiden vorderen Sitzpositionen geringfügig über 250 N, wobei am Fahrer durch die Gurtstraffung eine mittlere Gurtkrafteerhöhung von zirka 75 N, beim Beifahrer eine solche von zirka 35 N bewirkt wurde; hierdurch erfolgte eine entsprechende Reduzierung der Vorverlagerungen.
- Als Ergebnis der Kopfbeschleunigungsmessungen konnte in wenigen Fällen eine geringfügige Erhöhung der Kopfbeschleunigung auf niedrigem Niveau (ca. 3 g) nachgewiesen und plausibel erklärt werden.
- Messungen der elektrodermalen Aktivität (EDA) ließen allgemein ein Abklingen von Angstzuständen bei Probanden im Verlauf der Versuchsdurchführung erkennen. Auch bei ängstlichen Personen erfolgte im Verlauf der Fahrmanöver eine schnelle Adaptierung.
- Eine Erhöhung des Pulsschlages (EKG/R-R-Zacke) war in der Regel bei unmittelbarem Bestehen einzelner Fahrmanöver zu registrieren.
- Messungen des Muskeltonus (EMG) ließen keinen signifikanten Unterschied in der Situation mit und ohne Gurtstraffung erkennen.
- Die Aktivierung der Gurtvorstraffung spielte im Zusammenhang mit dem Gesamtgeschehen eine eher untergeordnete Rolle.
- Längerfristig anhaltende, negative Befindlichkeitsveränderungen wurden nicht erkennbar.

LABcar – Rahmenprojekt testet Leistungsfähigkeit von Kraftfahrern höheren Alters

Unter Weiterentwicklung der vorgestellten Untersuchungsmethoden wurde nun das Rahmenprojekt „LABcar“ eingeführt, wozu ein marktgängiger Pkw der Kompaktklasse mit entsprechender Meßtechnik (u.a. des oben genannten Projektes) sowie einer

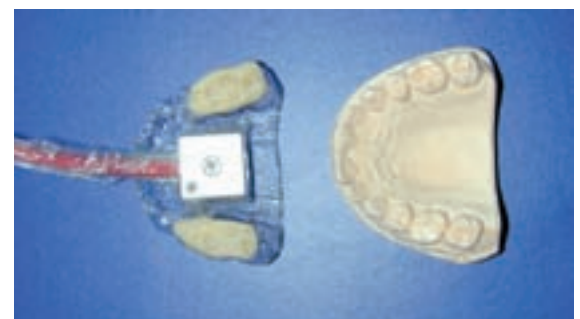


Abb. 13 a) Einleitung eines Schleudermanövers des Versuchsfahrzeuges durch Überfahren der Dynamikplatte zur Aktivierung der untersuchten Sicherheitssysteme (vorkollisionäre reversible Gurtstraffung). b) Meßtechnische Ausstattung des Versuchsfahrzeuges zur Erfassung fahrdynamischer Größen (Verzögerung, Lenkeinschlag, Drehrate, u. a.). Quelle: Fachgebiet Fahrzeugtechnik, TU Darmstadt. c) Interdentaladapter mit aufgeschraubtem Beschleunigungsaufnehmer zur Ermittlung von Kopfbeschleunigungen bei Fahrmanövern. Quelle: IRVM, TBU, Heidelberg

Doppelsteuerung ausgerüstet wurde. Wesentliche Zielvorgabe ist es, objektive Beurteilungskriterien zur Überprüfung der altersabhängigen, individuellen Kraftfahreignung und Fahrsicherheit offenbar gesunder Kraftfahrer zu entwickeln, indem durch eine spezielle Untersuchungsmethodik die physiologische und psychophysische Belastbarkeit sowie die Leistungsfähigkeit der Sinnesorgane von Kraftfahrern höheren Alters ermittelt werden (Programm: „Höhere Altersstufen und Mobilität“).

Weitere Einzelprojekte des Rahmenprojektes LAB-car haben folgende Untersuchungsinhalte:

- Untersuchungen zur Beeinflussung der individuellen Fahrsicherheit durch relevante Krankheitsbilder, insbesondere verkehrsmedizinisch relevante Zusammenhänge akut entgleisender Blutzuckersituationen (Hypo- und Hyperglykämie) mit regeltechnischen Aufgaben des Kraftfahrers; Entwicklungsgeschwindigkeit diabetischer Symptome, Grad der regeltechnischen Qualität und Fahrsicherheit.
- Untersuchungen zur Beeinflussung der individuellen Fahrtauglichkeit und Fahrsicherheit durch Medikationen und spezielle Therapeutika sowie zentral-nervös wirksamer Substanzen unter besonderer Berücksichtigung der Drogen-Substitutionspatienten und der Schmerzpatienten.
- Mit Blickrichtung innovativer Umsetzung – neue Fahrzeugsicherheitssysteme – werden Wechselwirkungen, die Akzeptanz und das Wohlbefinden von Fahrzeuginsassen, vornehmlich des Fahrers untersucht.

Hierbei werden Schwerpunkte gelegt auf die

- Bewertung eines neuen optischen Fahrzeugsicherheitssystems zur Verminderung von Blendwirkungen und Unterdrückung der Schläfrigkeit sowie

- Die Bewertung sinnesphysiologischer Einflüsse im Innenraum von Personenkraftwagen auf die Befindlichkeit und die Fahrsicherheit unterschiedlicher Fahrerpopulationen,

Durch eine Reihe unterschiedlicher, beim Unfall ermittelter Daten soll zukünftig ein kodiertes, „Unfallfolgenprognoseprotokoll“ entstehen

Aus der Zusammenführung von Erfolgen der Ingenieurwissenschaften, bzw. Fahrzeugkonstrukteure und der ärztlichen Kunst – präklinische und klinische Versorgung – im Sinne eines optimierten postakzidentellen Versorgungsmanagements, können unter Einbeziehung der Rettungskräfte (Feuerwehr) Verletzungsfolgen früher, effizienter und kostengünstiger beherrscht werden. Hierzu soll ein unfallgeschehens-, fahrzeug- und individualdatenbezogenes physikalisch-technisches Unfallprotokoll entwickelt werden. Mithilfe moderner Funktelefonie (GSM) und des Global Positioning System (GPS) kann ein Straßenverkehrsunfall und dessen hinreichend genaue geographische Position in sehr kurzer Zeit identifiziert werden. Damit werden Rettungslogistik und präklinische Notfallversorgung frühzeitig ausgelöst. Mittels derzeit – z. T. bereits in Serien-Pkw on board – verfügbarer und gegebenenfalls zu erweiternder Sensorik ist es technisch möglich, charakteristische fahrzeugbezogene Signale eines Kollisionsgeschehens verfügbar und zur Datenbasis eines Rechenprozesses zu machen. Neben dieser, das jeweilige Fahrzeug kennzeichnenden Datenbasis könnten zukünftig zumindest fahrerbezogene Individualdaten auf einer – zudem als Fahrzeugzugang verwendeten – Chipkarte (Plausibilitätskontrolle) sowie Umgebungsfeld-Daten (Temperatur u.ä.) in



Abb. 14 Aussortierte unfallbelastete Schutzhelme der Motorrad-sicherheitsforschung Heidelberg nach Abschluß der Helmuntersuchungen und traumatomechanischen Analysen.

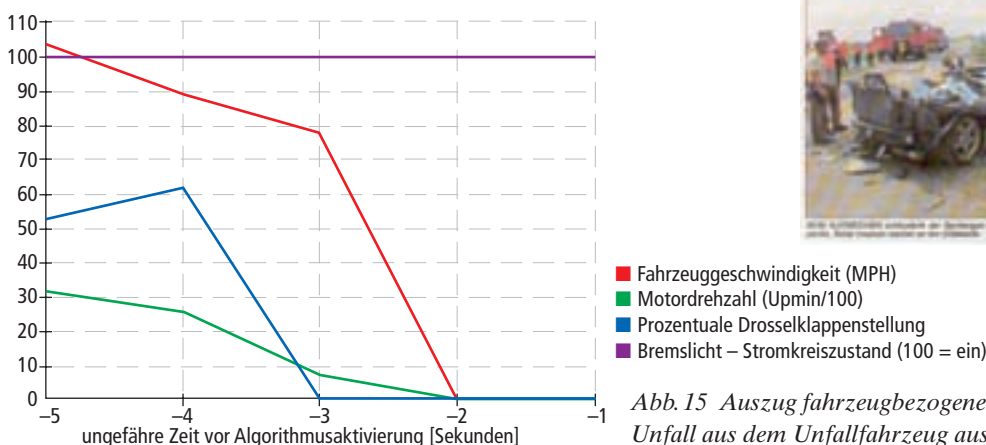


Abb. 15 Auszug fahrzeugbezogener Daten, die nach Unfall aus dem Unfallfahrzeug auslesbar waren.

den Rechenprozeß Eingang finden. Innerhalb des Rechenprozesses erfolgt eine mit den Fahrzeugcharakteristikdaten (fahrzeugbezogene statische Innendaten) korrelierte Auswertung der gewonnenen individuellen „unfallbezogenen dynamischen Außendaten“. Als Ergebnis des Rechenprozesses wird ein kodiertes, faktenbezogenes physikalisch-technisches Unfallprotokoll mit verletzungskorrelierbarem Datensatz („Unfallfolgenprognoseprotokoll“ Fahrer, Pkw) generiert, das bei der weiteren Versorgung des Unfallopfers zur Verfügung steht. Neben diesem Unfallfolgenprognoseprotokoll soll ein analoges Klarschriftprotokoll, eventuell unter Verwendung physikalisch-technischer Einwirkparameter, solche objektiven, patientenbezogenen Angaben zum Unfallgeschehen enthalten, die geeignet sind, die Angaben und Symptome der präklinischen und klinischen Versorgung zu ergänzen und somit die Behandlungssicherheit zu erhöhen. Aus dem fortlaufenden, kummulierenden Abgleich einzelner personenbezogener Unfallprognoseprotokolle mit den jeweiligen „IST-Befunden“ ist darüber hinaus ein weiterreichendes und vielseitiges Validierungs- und Entwicklungspotential zu erwarten.

Literatur (zu Teil 2)

- Schueler F (1982) Zum Begriff der ordnungsgemäßen Benutzung von Sicherheitsgurten und Kraftfahrerschutzhelmen. DAR 10/82, S 312-314
- Schueler F, Mattern R, Schmidt G (1983) Dynamic fronto-occipital head loading of helmet protected cadavers, in Proc. of the seminar „Biomechanics of impacts in road accidents“, Brussels (3/83), S 210-227. Ed: Benjamin, Publ: Commission of the European Communities, Luxemburg
- Schueler F, Bayer G, Mattern R, Helbling M (1984) Der Körperanprall gegen Schutzplanken beim Verkehrsunfall motorisierter Zweiradbenutzer. (Forschungshefte Zweiradsicherheit, Band 2 des Institutes für Zweiradsicherheit eV), Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven
- Schueler F, Mattern R, Helbling M (1985) Wirksamkeit von Elementen des passiven Unfallschutzes. In: Schutzhelme für motorisierte Zweiradfahrer, Band 3, Forschungsheft 114. Hrsg: Bundesanstalt für Straßenwesen Bergisch-Gladbach (Verkehrssicherheitspreis 1985 des Bundesministers für Verkehr)
- Schueler F, Mattern R, Schmidt G (1985) Biomechanische Versuche hinsichtlich des passiven Unfallschutzes von Aufsassen motorisierter Zweiradfahrer beim Anprall gegen Schutzplankenpfosten, Forschungsbericht des Inst f Rechtsmed., Universität Heidelberg, Hrsg.: Schutzplanken-Produktions-GmbH & Co KG, Schmelz-Limbach, Saarland
- Schmidt G, Schueler F, Mattern R, Kallieris D (1985) Head injuries of motorcyclists with and without helmet protection, in: Proc. 10th Congress of the International Association for Accident and Traffic Medicine (IAATM), Prev. 6: 1-5, Tokyo, Japan
- Schueler F (1986) Der Beitrag von Straße, Verkehrseinrichtungen und persönlicher Schutzausrüstung zur passiven Sicherheit von Motorradfahrern. In: 100 Jahre Motorrad: Tagung der VDI Gesellschaft Fahrzeugtechnik in München, VDI-Verlag, Düsseldorf, Bericht 577
- Schueler F (1987) Verbesserung von Schutzplanken bezüglich des passiven Unfallschutzes von Benutzern motorisierter Zweiradfahrer, in „25 Jahre Stahlenschutzplanken“ Hrsg: Studiengesellschaft für Stahlenschutzplanken eV, Siegen
- Koch H, Schueler F (1987) Reduction of injury severity involving guardrails by the use of additional W-beams, impact attenuators and „Sigma-Posts“ as a contribution to the passive safety of motorcyclists. In: Proc 11th International Conference on Experimental Safety Vehicles ESV, pp 878-883, Washington/USA
- Schueler F, Albrecht E (1988) Untersuchung zu Art und Häufigkeit der Benutzung von Kraftfahrerschutzhelmen und Schutzkleidung durch Aufsassen motorisierter Zweiradfahrer, interner Forschungsbericht zu BAST-Projekt FP 8902
- Petroboni E, Griffini C, Schueler F (1989) Si va verso un casco a prova di impatto, Il giornale del Medico V, No 58, Milano/Italia
- Schueler F, Albrecht E (1991) Verletzungsschwerpunkte und Optimierung des passiven Unfallschutzes von Aufsassen motorisierter Zweiradfahrer. Vortrag, 4. Int. Fachtagung „Motorrad“, München, 6./7. März, VDI/GfT, TÜV Bayern
- Schueler F (1994) Airbag und Motorradhelm-Verletzungsmuster und Schutzfunktion, Vortrag anlässlich des Symposiums „30 Jahre Notarztwagen HD-10 in Heidelberg“, Chirurgische Universitätsklinik, 9./10.9.1994
- Spiegel B (2003) Die obere Hälfte des Motorrads. Über die Einheit von Fahrer und Maschine. 4. Aufl, Motorbuch Verlag, Stuttgart
- Schueler F, Strohbeck-Kühner P, Kief S, Mattern R, (Heidelberg), Fecher N, Winner H, (Darmstadt), Busch T, Class U, Lüders M, (Alfdorf) (2003) Ermittlung der individuellen Akzeptanz von Fahrzeuginsassen bezüglich neuer Fahrzeug-Sicherheitssysteme, Tagungsunterlagen zum 33. Treffen der Oberrheinischen Rechtsmediziner, (17.4.2003), Heidelberg
- Janke G, Rothhämel J, Schimpf O (2005) Schutzhelme. In: Hucho W-H (Hrsg) Aerodynamik des Automobils. Strömungsmechanik, Wärmetechnik, Fahrdynamik, Komfort, 5. Aufl, Vieweg, Wiesbaden, S 605-635
- Stein KM, Ruf K, Ganten MK, Mattern R (2005) Darstellung der Brückenvenen mit der postmortalen Computertomographie, in: Archiv für Kriminologie 215: 18-26, Schmidt-Römhild Verlag, Lübeck
- Stein KM, Ruf K, Ganten MK, Mattern R (2005) Representation of cerebral bridging veins in infants by postmortem computed tomography. Forensic Sci Int. 2005 Dec 16.

Dipl.-Ing. Florian Schueler (Fachgebietsleiter)
 Institut für Rechtsmedizin und Verkehrsmedizin
 Technologische Biomechanik und Unfallforschung
 Beauftragter für Flugunfalluntersuchungen (cert 163)
 Klinikum der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg
 Vossstraße 2
 69115 Heidelberg
 eMail: Florian.Schueler@med.uni-heidelberg.de

CHIRURGISCHE ALLGEMEINE

ZEITUNG FÜR KLINIK UND PRAXIS

Dr. R. Kaden Verlag GmbH & Co. KG
 Ringstraße 19, 69115 Heidelberg
 Telefon (0 62 21) 13 77 610
 Telefax (0 62 21) 6 59 95 90
 chaz@kaden-verlag.de
www.kaden-verlag.de

Erscheinungsweise: 10 Ausgaben pro Jahr
 (Doppelheft Juli/August, November/Dezember)

Abonnement: Bestellung beim Verlag oder bei jeder Buchhandlung

Bezugspreis: Jahresabonnement € 80,- (inkl. 7% MwSt. zzgl. € 16,- Versandkosten). Einzelheft außerhalb des Abonnements € 10,- (inkl. 7% MwSt., zzgl. Versand).

Bei Bestellung im Laufe des Jahres wird der Bezugspreis anteilig berechnet. Der Abonnent kann seine Bestellung innerhalb von 10 Tagen schriftlich beim Verlag widerrufen. Die Frist ist gewahrt, wenn der Widerruf rechtzeitig abgesandt wird (Datum des Poststempels).

Bezugszeit: Das Abonnement gilt zunächst bis zum Ende des begonnenen Jahres. Es verlängert sich um jeweils ein Jahr, wenn die Kündigung nicht bis zum 31.10. schriftlich im Verlag vorliegt. Kann die Zeitschrift aufgrund Streiks oder höherer Gewalt nicht geliefert werden, so besteht kein Anspruch auf Ersatz.

Anzeigen: Gordana Mai
 Telefon 0 62 21/1 37 76 20,
 eMail: mai@kaden-verlag.de
 Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 6/2006.

Copyright: Mit der Annahme eines Manuskriptes erwirbt der Verlag für die Dauer der gesetzlichen Schutzfrist (§ 64 UrhRG) die Verwertungsrechte im Sinne der §§ 15 ff. des Urheberrechtsgesetzes. Übersetzung, Nachdruck, Vervielfältigung auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege, Vortrag, Funk- und Fernsehsendung sowie Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen – auch auszugsweise – sind nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlages gestattet.

Herstellung: Christian Molter
 Telefon 0 62 21/1 37 76 60, eMail:
 molter@kaden-verlag.de

Druck und Verarbeitung:
 Grosch Druckzentrum GmbH, 69214 Eppelheim