

Nr. 2

**Der Körperanprall
gegen
Schutzplanken
beim Verkehrs-
unfall motorisierter
Zweiradbenutzer**

Institut für
Zweiradsicherheit e. V.

von Florian Schüler
Bernward Bayer
Rainer Mattern
Michael Helbling

Forschungshefte
Zweiradsicherheit

ISSN 2701-522X

**Forschungshefte Zwei-
radsicherheit, heraus-
gegeben von Hubert
Koch, Institut für
Zweiradsicherheit e.V.**

**In der Reihe
„Forschungshefte
Zweiradsicherheit“
erscheinen wissen-
schaftliche Arbeiten
zu Themen aus ver-
schiedenen Bereichen
der Zweiradsicher-
heitsforschung. Die
Reihe ist für alle
wissenschaftlichen
Disziplinen offen.
Manuskripte erbeten
an das Institut für
Zweiradsicherheit.**

**Die in dieser Reihe er-
scheinenden Arbeiten
geben die Meinung des
Autors, nicht in jedem
Fall die Meinung des
Instituts für Zweirad-
sicherheit wieder.**

**Der Körperanprall
gegen
Schutzplanken
beim Verkehrs-
unfall motorisierter
Zweiradbenutzer**

**von Florian Schüler
Bernward Bayer
Rainer Mattern
Michael Helbling**

**Forschungshefte
Zweiradsicherheit
herausgegeben von
Hubert Koch**

**Institut für
Zweiradsicherheit e. V.**

1. Auflage

**© Institut für Zwei-
radsicherheit e.V.
Bochum 1984**

**Druck und Verlag:
Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue
Wissenschaft GmbH
Postfach 101110,
2850 Bremerhaven
Tel. 0471-4 60 93-95
ISBN: 3-88314-344-8
ISSN: 0175-2626**

**Die vorliegende Studie
ist ein gemeinsamer
Bericht des Instituts für
Rechtsmedizin im Klini-
kum der Universität
Heidelberg, Direktor Prof.
Dr. med. Georg Schmidt
und des Fachgebiets
Fahrzeugtechnik der
Technischen Hochschule
Darmstadt. Fachgebiets-
leiter Prof. Dr. Ing. Bert
Breuer.**

V O R W O R T

des Herausgebers

Mit dem Heft 2 der Schriftenreihe "Forschungshefte Zweiradsicherheit" liegen die Ergebnisse eines vom Institut für Zweiradsicherheit in Auftrag gegebenen Forschungsauftrages vor. Die Ergebnisse beweisen, daß mit der Renaissance des Motorrades ein ganz brennendes Problem entstanden ist, das einer sofortigen Lösung bedarf. Nachdem wir in den letzten Jahren bereits verschiedentlich in unserem Pressedienst auf die Gefährlichkeit von Leitplanken hingewiesen haben, nachdem wir die Unterschriftensammlung der "Aktiven Motorradfahrer", des BVDM und der "Kuhlen Wampe-Clubs" gegen die Leitplanken nachdrücklich unterstützt haben, können wir mit diesem Bericht erstmals wissenschaftlich fundiert zur Problemlösung beitragen. Es gibt Möglichkeiten, neben der Entfernung vorhandener und der Neugestaltung geplanter Leitplanken auch die bestehenden wirkungsvoll und kostengünstig zu entschärfen. Damit ist das, was das Institut für Zweiradsicherheit, was die Wissenschaft tun kann, erschöpft. Jetzt ist es Aufgabe der Politik, zu handeln, um aus den vorliegenden Vorschlägen möglichst schnell einen wirksamen Schutz für die Motorradfahrer zu machen, durch:

- Änderung der Bauvorschrift
- Zulassung alternativer Konstruktionen
- Einbau von Pfostenummantelung an allen Strecken, die für Motorradfahrer erfahrungsgemäß gefährlich sind.

Im Interesse aller Motorradfahrer hoffe ich, daß dies schnell geschieht.

Im Namen aller Motorradfahrer möchte ich den an diesem Projekt Beteiligten Dank sagen. Den Autoren, besonders Florian Schüler und Bernward Bayer für ihr überdurchschnittliches Engagement, den Institutsdirektoren Prof. Breuer und Prof. Schmidt für ihre großzügige Unterstützung und Fachberatung, Reiner Brendicke für die redaktionelle Bearbeitung des Textes sowie Ellen Merten und Daniela Schäfer für Manuskriptgestaltung, Layout und Drucklegung.

Bochum, September 1984

Hubert Koch

V O R W O R T

Die vorliegende Studie entstand in Zusammenarbeit des Fachgebietes Fahrzeugtechnik, Technische Hochschule Darmstadt und des Institutes für Rechtsmedizin, Bereich Unfallforschung, der Universität Heidelberg. Alle Kapitel wurden gemeinsam erarbeitet, wobei die vorgestellten "Schutzplankenunfälle" aus dem Heidelberger Untersuchungsgut (1981, fortlaufend) von Unfällen motorisierter Zweiradfahrer entnommen wurden und die Analyse von bestehenden Plankensystemen sowie Optimierungsansätze an bestehenden und zukünftigen Schutzplanken einen Schwerpunkt in Darmstadt hatten.

Die zur Berichterstattung erforderlichen Arbeiten wären nicht durchführbar gewesen ohne das Entgegenkommen und die Unterstützung durch

- das Institut für Zweiradsicherheit e.V.,
Bochum-Wattenscheid
- die Gütegemeinschaft Stahlleitplanken e.V.,
Siegen
- die Polizeidirektion Heidelberg,
Verkehrsunfalldienst und die örtlich zuständigen Reviere
- die Staatsanwaltschaften bei den Landgerichten
Heidelberg und Mannheim
- die Leitung der Chirurgischen Universitäts-
klinik der Universität Heidelberg und alle in
der Behandlung und Versorgung der Unfallver-
letzten tätigen Mitarbeiter
- Herrn Verkehrsingenieur E. Priebus,
Straßenbauamt Heidelberg
- die Autobahnpolizeidirektion Karlsruhe,
Verkehrszug Mannheim-Seckenheim
- die Autobahnmeisterei Rüsselsheim

- die Hessische Zentrale für Datenverarbeitung,
Wiesbaden
- die Firma A. Neher, Maschinenfabrik, Stahl-
und Apparatebau GmbH,
Aschaffenburg am Main
- Herrn Oberingenieur K. Gösswein, vereidigter
Sachverständiger für abweisende Schutzeinrich-
tungen, Großostheim
- die Hockenheimring AG, Hockenheim
- die Bundesanstalt für Straßenwesen,
Bergisch-Gladbach sowie
- die Unfallbetroffenen und deren Angehörige,
die unserer Arbeit großes Verständnis entgegen-
gebrachten und die Untersuchung von Schutz-
kleidung, Schutzhelmen und der unfallbetei-
ligten Fahrzeuge bereitwillig ermöglichten.

Ihnen allen danken wir für diese Unterstützung.

Inhaltsverzeichnis

Kap.		Seite
	Verzeichnis der Abkürzungen	2
1	Einleitung und Problemstellung	3
2	Stand der Technik bei Herstellung und Anbringung von Schutzplankensystemen	5
2.1	Normen und Bauvorschriften	5
2.2	Theorie der Schutzfunktion	15
3	Verkehrsunfälle motorisierter Zweiradbenutzer mit Schutzplankenprall	17
3.1	Kasuistik - Analyse von 12 Unfällen	21
3.2	Zusammenfassende Feststellungen und Aspekte zur Kasuistik	54
4	Verbesserungsmöglichkeiten an Schutzplankensystemen bezüglich passiven Unfallschutzes von Benutzern motorisierter Zweiradfahrzeuge	62
4.1	Praxis der Anwendung	62
4.2	Erforderlichkeit von Schutzplankensystemen	77
4.3	Möglichkeiten der Entschärfung bestehender Schutzplanken	79
4.3.1	Pfostenänderungen	79
4.3.2	Zusatzplanken	88
4.4	Lösungsansätze zur Neugestaltung	94
4.4.1	Alternative Pfosten-Konstruktionen	94
4.4.2	Alternative abweisende Schutzeinrichtungen	99
4.5	Kompatibilität und Wirtschaftlichkeit	105
5	Zusammenfassung und Vorschläge zum weiteren Vorgehen	107
	Verzeichnis der Abbildungen	110
	Literaturverzeichnis	113

Verzeichnis der Abkürzungen

Abb.	Abbildung
AF	Formaggressivität
AIS	Abbreviated Injury Scale
AM	Materialaggressivität
BAB	Bundesautobahn
BMW	Bayerische Motorenwerke
BMV	Bundesminister für Verkehr
DDSP	Doppelte Distanzschutzplanke
DSP	Distanzschutzplanke
EDSP	Einfache Distanzschutzplanke
EPS	expandierter Polystyrol-Hartschaum
ESP	Einfache Schutzplanke
F	Fahrer
FE	Fahrerlaubnis
Fz	Fahrzeug
FZD	Fachgebiet Fahrzeugtechnik der Technischen Hochschule Darmstadt
HDI	Helmet Damage Index
IPE	I-Profil-Träger, parallele Flansche Europareihe
ISS	Injury Severity Score
Kap.	Kapitel
Kfz	Kraftfahrzeug
Krad	Kraftrad
Lib.	Lichtbild(er)
MAIS	Maximum AIS
MCASI	Unfallschwere Index für motorisierte Zweiräder (Motor Cycle Accident Severity Index)
mot. Zfz.	motorisierte Zweiradfahrzeuge
Nkw	Nutzkraftwagen
PA	Polyamid
PC	Polycarbonat
Pkw	Personenkraftwagen
S	Sozia/Sozius
sc	Körperbewegungsseite
SH	Schutzhelm
SHT	Schädelhirntrauma
SP	Schutzplanke
vc	Körperauftreffgeschwindigkeit

1. Einleitung und Problemstellung

Zur Ausrüstung des Straßennetzes der Bundesrepublik Deutschland einschließlich Berlin-West gehört ein Schutzplankensystem in verschiedenen Bauausführungen. Dieses stellt eine mechanische und optische Leiteinrichtung für den gesamten Kraftfahrzeugverkehr dar und soll ein Abkommen der Fahrzeuge von der Fahrbahn vermeiden und somit die Gefährdung äußerer und innerer Verkehrsteilnehmer sowie technischer Einrichtungen mindern. Diese passive Schutzmaßnahme ist unter den vom Bundesminister für Verkehr vorgegebenen Richtlinien dort vorzunehmen, "...wo dies zweckmäßig erscheint,..". [Richtlinien, 1972 (18)].

Schutzplanken der heutigen Konstruktion wurden für Personenkraftwagen und Nutzkraftwagen, die derzeit zusammen einen Anteil von knapp 90% am Kraftfahrzeugbestand haben, entwickelt und installiert. Das Problem des Körperanpralles von Benutzern motorisierter Zweiradfahrzeuge, sowohl bei direkter Anfahrung von Schutzplanken als auch insbesondere nach vorausgegangener Trennung der Aufsassen vom Fahrzeug, blieb bei der Auslegung und Konstruktion von Schutzplanken bewußt oder unbewußt unberücksichtigt. Dieser Sachverhalt führte dazu, daß die hinsichtlich des passiven Unfallschutzes ohnehin benachteiligten Zweiradbenutzer bei einem Verkehrsunfall mit Schutzplankenkontakt wegen der Gefahr eines Anpralles gegen die form- und materialaggressiven Schutzplankenelemente einem hohen Risiko schwerster, häufig lebensfordernder Verletzungen ausgesetzt sind. Bei einer Berücksichtigung der Benutzer motorisierter Zweiradfahrzeuge ist jedoch die Kompatibilität des optimierten Schutzplankensystemes gegenüber allen anderen Fahrzeugarten zu fordern.

Um erstmals das Problem von Schutzplankenunfällen mit Körperanprall von Benutzern motorisierter Zweiradfahrzeuge systematisch zu untersuchen und Lösungsansätze einer konstruktiven Optimierung von Schutzplankensystemen zu erarbeiten, wurde vom Institut für Zweiradsicherheit e.V., Bochum, ein interdisziplinärer Forschungsauftrag vergeben.

Hierzu erfolgte eine Bestandsaufnahme von Schutzplankensystemen und die Analyse von Schutzplankenunfällen. Verbesserungsmöglichkeiten an Schutzplankensystemen bezüglich des passiven Unfallschutzes von Benutzern motorisierter Zweiradfahrzeuge wurden untersucht und aus der Sicht der Autoren neue konstruktive Lösungsvorschläge erarbeitet.

2. Stand der Technik bei Herstellung und Anbringung von Schutzplankensystemen

Schutzplanken gehören in der Bundesrepublik Deutschland zur Standardausrüstung der Bundesautobahnen und anderer Straßenkategorien.

Im folgenden werden die grundlegenden Normen, die Bauvorschriften und die Schutzwirkung beschrieben.

2.1 Normen und Bauvorschriften

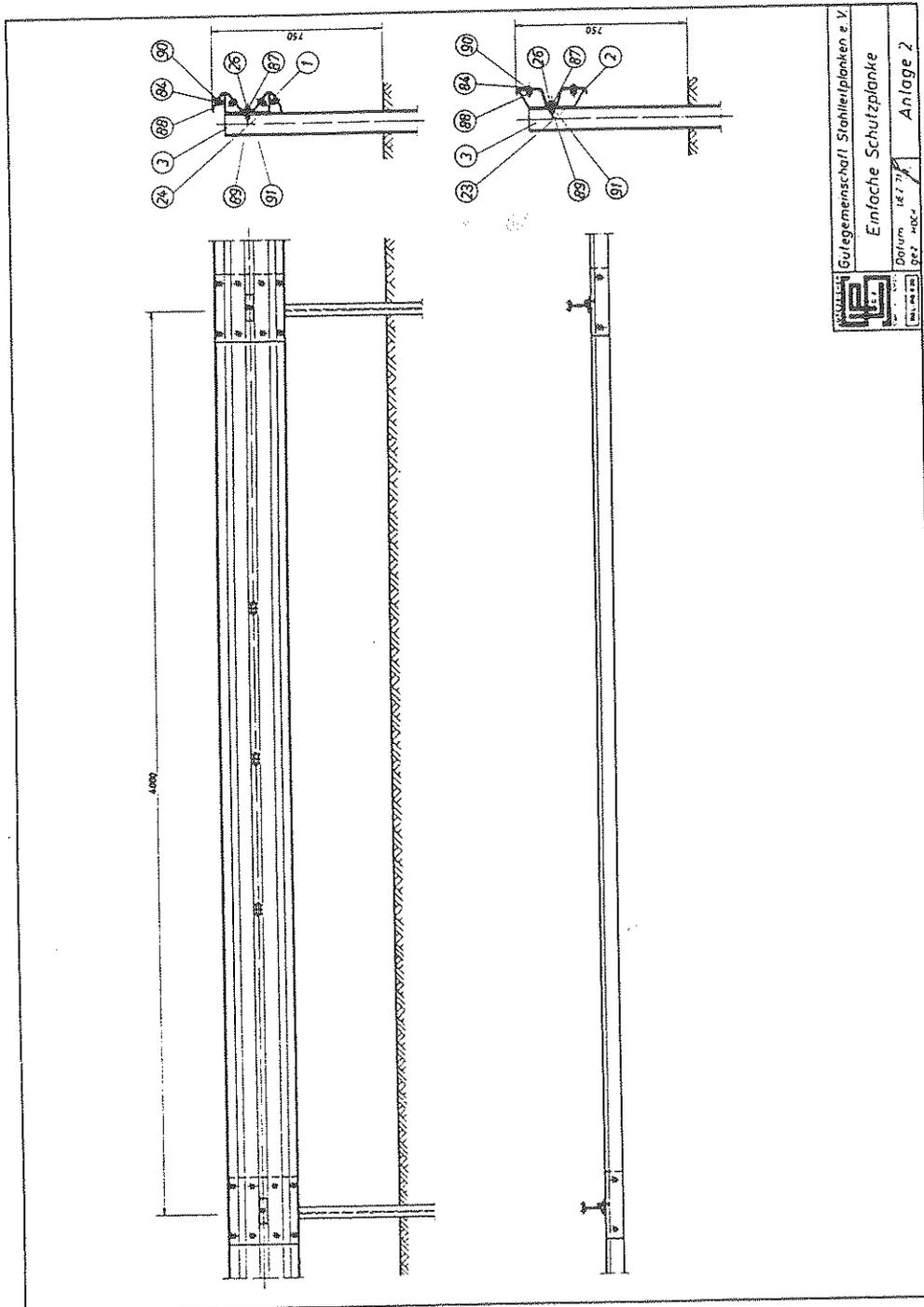
Das derzeit in der Bundesrepublik Deutschland vorhandene Schutzplankensystem besteht aus den vier in den Abb. 2.1 bis 2.6 gezeigten Grundtypen:

- einfache Schutzplanke (ESP)
- einfache Distanzschutzplanke (EDSP)
- doppelte Schutzplanke (DSP)
(zur Trennung zweier Fahrtrichtungsspuren)
- doppelte Distanzschutzplanke (DDSP)
(zur Trennung zweier Fahrtrichtungsspuren)

In allen Fällen werden als Träger I-Profil-Pfosten (IPE 100) eingesetzt, Abb. 2.7, wobei diese Träger nach DIN 1025, Blatt 5, spezifiziert sind und heute ein Stegmaß h von 100 mm aufweisen. Dieses Maß betrug bis 1972 140 mm (I - 140), Pfosten dieser Abmessung sind auch heute z. T. noch vorhanden.

Der Pfostenabstand beträgt je nach Schutzplankentyp und Situation 1,33 m, 2 m oder 4 m.

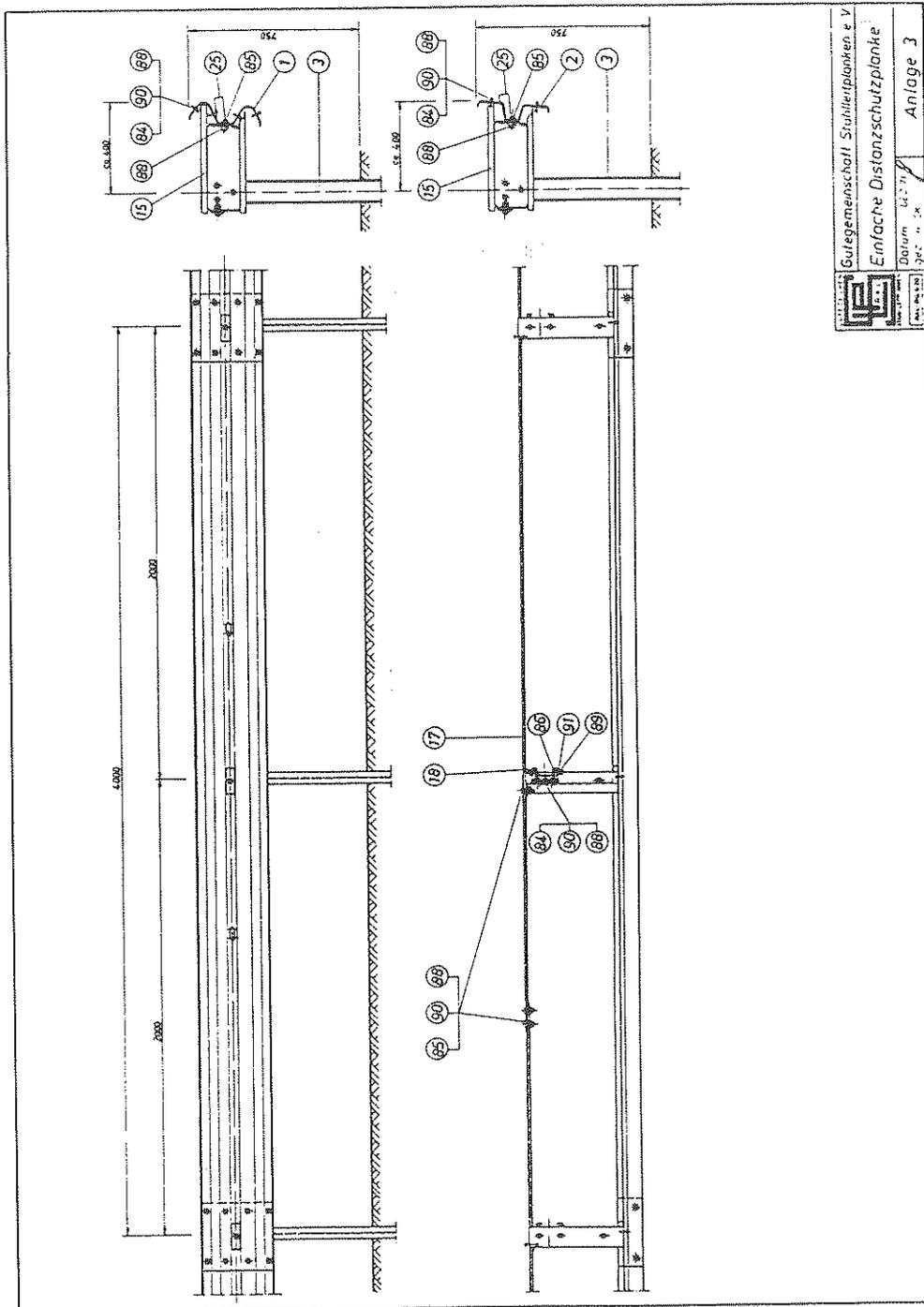
Als Holme (Bep plankung) kommen die beiden Profilarten A und B - s. Abb. 2.8, 2.9, 2.10 - zur Anwendung.



	Gülegemeinschaft Stahlleitplanken e. V.	
	Einfache Schutzplanke	
Druck: 1:1	Datum: 18.7.74	Anlage 2
Bl. 14	Bl. 15	Bl. 16

ABB. 2.1 Einfache Schutzplanke (ESP)

Quelle: [22]



	Hochschule für Angewandte Wissenschaften HAW Hamburg	
	Gutgemeinschaft Stahlplanke e.V.	
Einfache Distanzschutzplanke		
Datum	14.12.71	Anlage 3
Zeichner	JK	

ABB. 2.2 Einfache Distanzschutzplanke (EDSP)
Quelle: [22]

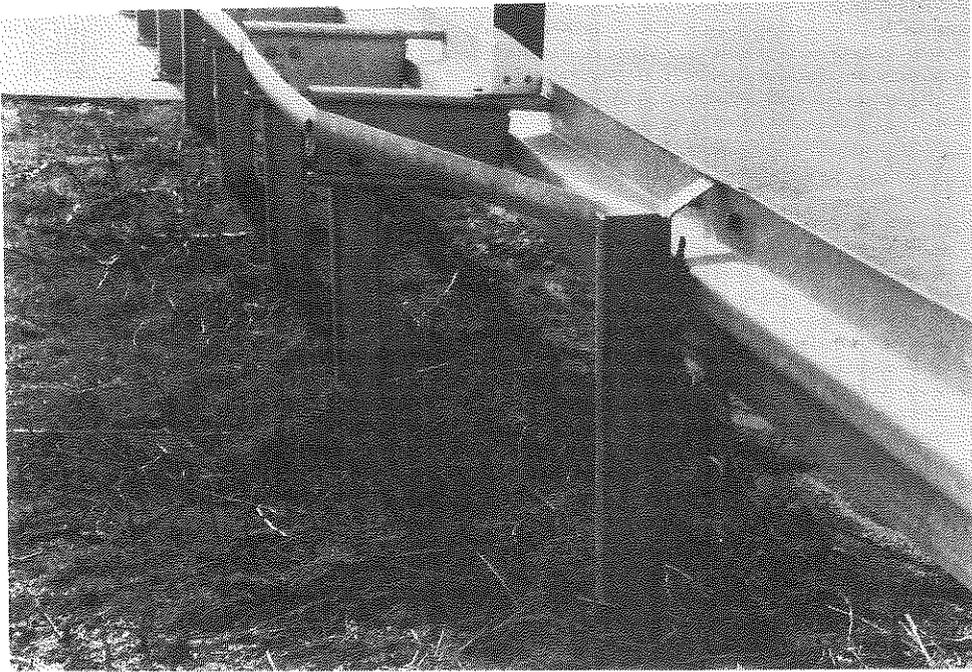
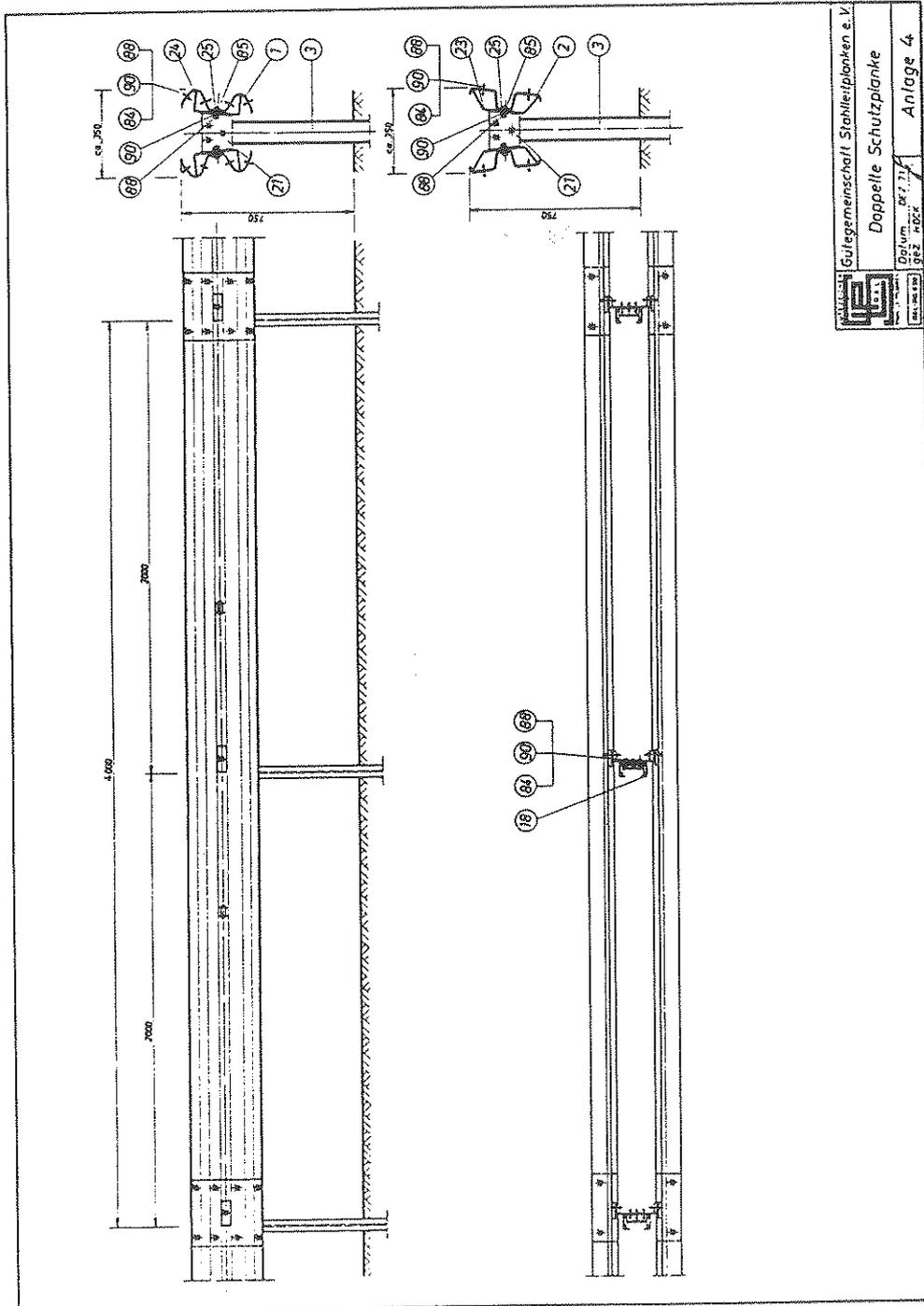


ABB. 2.3 Übergang von ESP zu EDSP



	Gütegemeinschaft Stahlblech e. V.
	Doppelte Schutzplanke
DR 7.71	Anlage 4
92. 200	

ABB. 2.4 Doppelte Schutzplanke (DSP)

Quelle: [22]

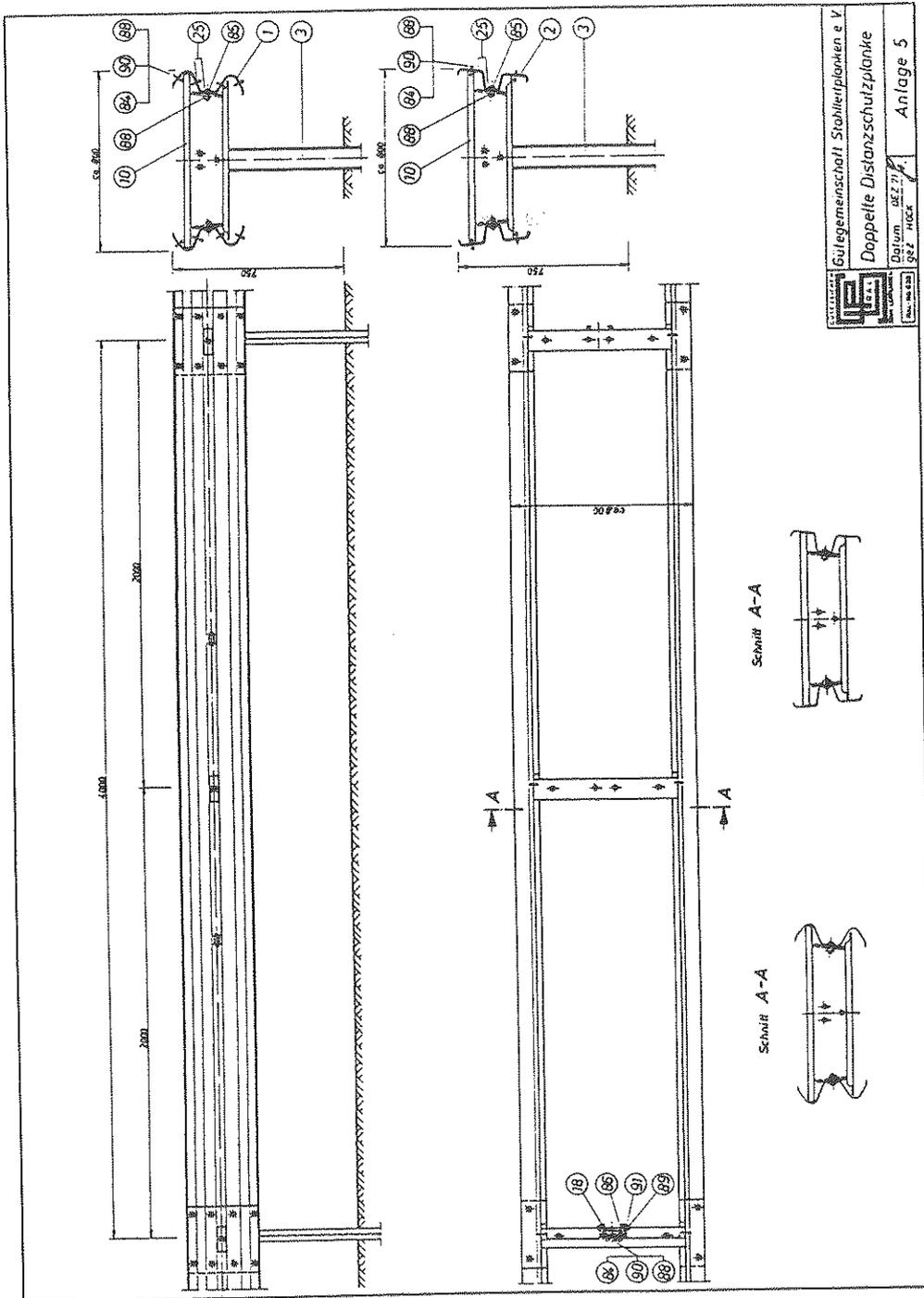


ABB. 2.5 Doppelte Distanzschutzplanke (DDSP)

Quelle: [22]

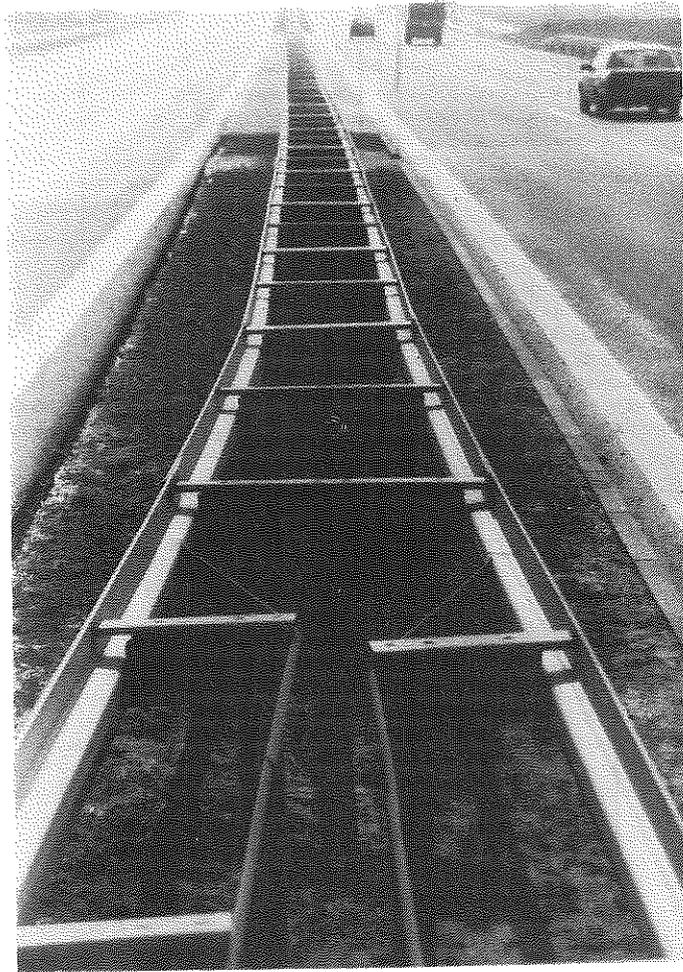
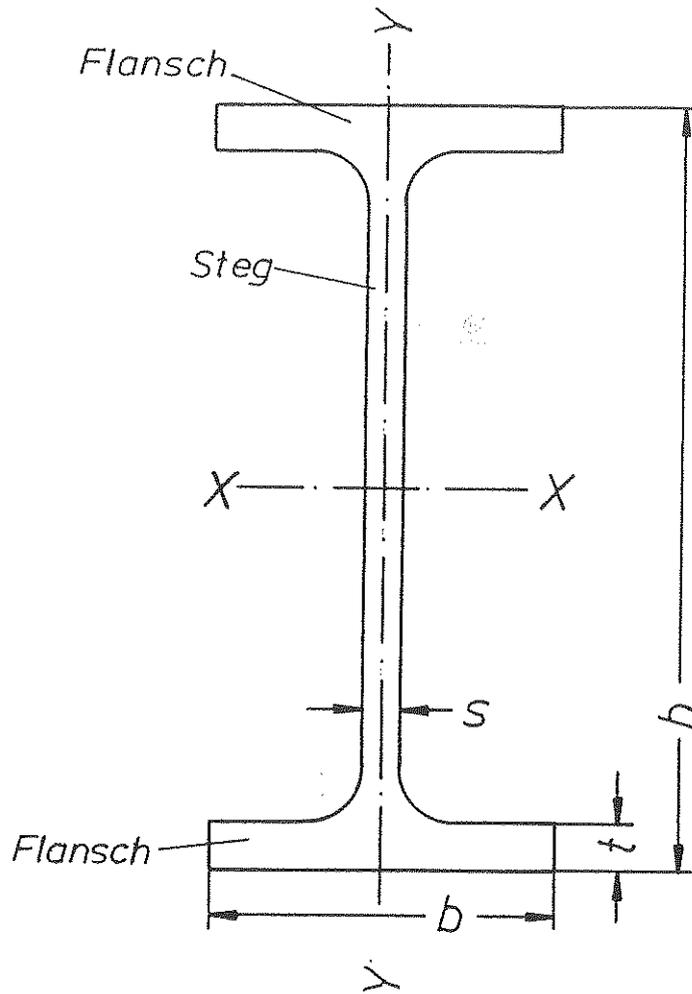


ABB. 2.6 Übergang von EDSP zu DDSP



h	b	s	t
mm	mm	mm	mm
100	55	4,1	5,7
140	66	5,7	8,6

ABB. 2.7 I-Profil-Träger im Querschnitt

Quelle: [16]

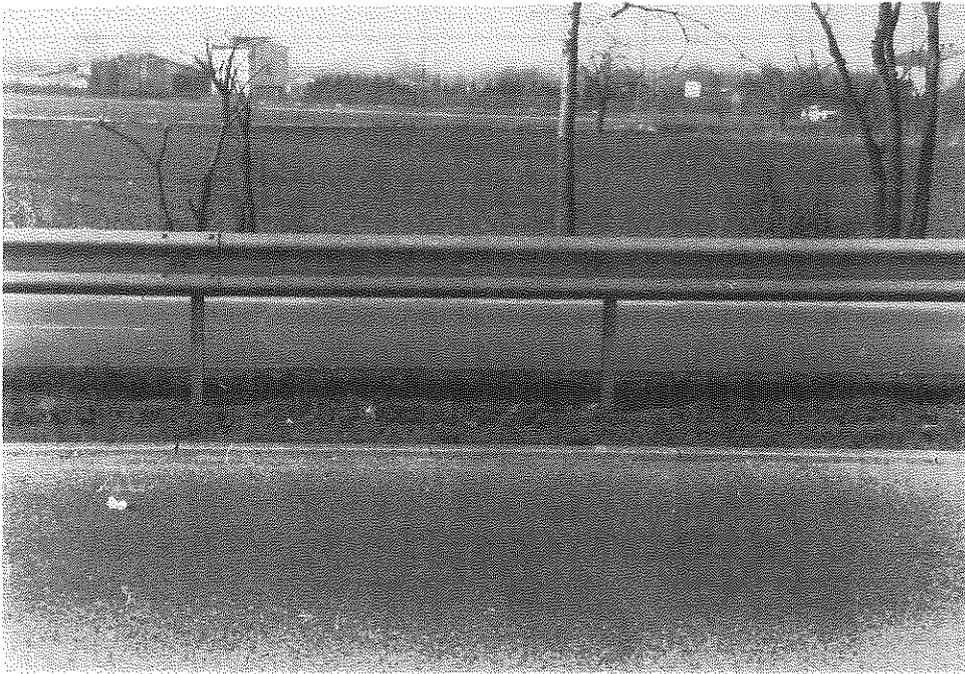


ABB. 2.9 Schutzplankenprofil A



ABB. 2.10 Schutzplankenprofil B

Die Aufstellung von Schutzplanken, die den sogenannten abweisenden Schutzeinrichtungen zuzuordnen sind, geschieht nach den "Richtlinien für abweisende Schutzeinrichtungen an den Bundesfernstraßen" [Richtlinien, 1972 (18)], worin alle wesentlichen Einbaueinheiten festgelegt sind. Näheres hierzu findet sich in Kap. 4.2.

2.2 Theorie der Schutzfunktion

Das vorhandene Schutzplankensystem wurde und wird in eingehenden Versuchsreihen [Böhringer, 1965 (4); Böhringer, 1970 (3); Domhan, 1981 (6)] so optimiert, daß es sowohl Pkw- als auch Nkw-Anfahrungen unter üblichen Anprallwinkeln (bis zu 20 Grad), die ansonsten ein endgültiges Abkommen von der Fahrbahn ergeben würden, standhält und diese Fahrzeuge möglichst sicher auf der Fahrbahn zurückhält oder sie ohne gefährliches Verzögerungsniveau wieder auf die Fahrbahn leitet. Hierzu wird in Richtlinien, 1972 (18) festgestellt (Unterstreichungen durch die Autoren):

"...Abweisende Schutzeinrichtungen sollen von der Fahrbahn abgekommene Fahrzeuge auffangen und umlenken. Sie sind entsprechend den vorliegenden Richtlinien dort einzubauen, wo dies zweckmäßig erscheint, um Insassen von der Fahrbahn abgekommener Fahrzeuge zu schützen oder naheliegende Gefahren für Personen, die sich außerhalb der Fahrbahn aufhalten, zu vermeiden. Abweisende Schutzeinrichtungen sollen nur unter Anlegung eines strengen Maßstabes nach sorgfältiger Abwägung aller Gesichtspunkte, wie z.B. Gefährdung der Insassen bei einem Anprall an diese Schutzeinrichtungen, Gefährdung des nachfolgenden und entgegenkommenden Verkehrs, vorgesehen werden. Dabei ist zu prüfen, ob durch Umgestaltung der Gefahrenstellen oder Beseitigung eines gefährlichen Hindernisses die Aufstellung von abweisenden Schutzeinrichtungen vermieden werden kann. Als gefährlich im Sinne dieser Richtlinien gelten alle einzelstehenden Hindernisse, bei denen im Falle eines Fahrzeuganpralles die Fahrzeuginsassen erheblich gefährdet sind, wie Brückenpfeiler und Brückenwiderlager, Schutz-

wände, Beleuchtungs- und ähnliche Masten usw. Hindernisse, die anfahrenden Fahrzeugen nur geringen Widerstand bieten, z.B. Schilderpfosten, Wegweiser oder Hinweistafeln mit Rohrrahmen sowie andere leicht verformbare Teile von Verkehrseinrichtungen sind nicht durch abweisende Schutzeinrichtungen zu schützen. Abweisende Schutzeinrichtungen können zur optischen Führung beitragen. Für die Verbesserung der optischen Führung allein sollten sie nicht verwendet werden ..."

Motorisierte Zweiradfahrzeuge (mot. Zfz.) bzw. deren Benutzer fanden demnach bisher bei der Richtlinienerstellung und deren praktischer Anwendung keine Beachtung.

3. Verkehrsunfälle motorisierter Zweiradbenutzer mit Schutzplankenanprall

Da in keiner amtlichen Unfallstatistik Angaben über Verkehrsunfälle von Benutzern mot. Zfz. mit Schutzplankenkontakt enthalten sind, ist eine Abschätzung der Anzahl und Folgeschwere derartiger Unfallereignisse nur sehr schwer möglich. In einer Mitteilung der Bundesanstalt für Straßenwesen [Domhan, 1983 (7)] wurde formuliert:

"Eine Abschätzung der Größenordnung derjenigen Unfälle in der Bundesrepublik Deutschland, die potentiell einen Anprall von Kraftrad-/Rollerfahrern an Schutzplanken zur Folge haben könnten, ergab, daß es sich um weniger als 1000 Unfälle mit Personenschäden im Jahr handeln dürfte, wobei darunter jedoch etwa 50 Unfälle für den Zweiradfahrer tödlich enden könnten."

Wenngleich nur aufgrund von Vermutungen aus einer begrenzten Übersicht über solche Unfallereignisse die Befürchtung besteht, daß diese Abschätzung zu optimistisch sein könnte, so dürften jedoch bereits 50 durch Schutzplankenanprall getötete Zweiradbenutzer und "weniger als 1000 (solcher) Unfälle mit Personenschäden" ausreichender Grund für wirtschaftlich vertretbare Maßnahmen zur Erhöhung des passiven Unfallschutzes durch Verbesserung von Schutzplanken und genaue Einhaltung jeweils gültiger Richtlinien bei deren Anbringung sein, was auch bedeuten kann, daß im Einzelfall Schutzplanken zu entfernen sind.

In Ergänzung besteht aus bisherigen Beobachtungen der begründete Verdacht, daß bei der Mehrzahl der durch Schutzplankenanprall verletzten Zweiradfahrer die erlittenen Verletzungen, sofern nicht tödlich, so doch durchweg sehr schwer und folgenreich sind.

Dieses Kapitel gibt die Untersuchungsergebnisse exemplarischer Einzelfälle von Verkehrsunfällen, bei denen Benutzer mot. Zfz. einen Schutzplanken-anprall erlitten, wieder. Ähnlich wie bei der

weiter unten vorgestellten Auswahl örtlicher Gegebenheiten bezüglich vorhandener Schutzplankensysteme erhebt die begrenzte Fallsammlung keinen Anspruch auf eine statistisch repräsentative Aussage. Es kann jedoch anhand der 12 vorgestellten Unfalluntersuchungen ein Überblick über vorkommende Schutzplankenunfälle vermittelt werden. Die Auswahl umfaßt Unfälle der Jahre 1980 bis 1983, überwiegend aus dem Erhebungsgebiet der Unfallforschung Heidelberg.

Methode:

Alle Unfälle wurden entsprechend der Vorgehensweise der Unfallforschung Heidelberg erfaßt, dokumentiert und ausgewertet. Diese Vorgehensweise beinhaltet zusammengefaßt eine Analyse des Unfallablaufes mit Feststellung der Unfallkinematik und der Unfalleinwirksschwere sowie der Unfallfolgschwere (Verletzungen nach Art, Schwere und Lokalisation). Ferner wurden alle Gegebenheiten des Unfallgeschehens, z.B. hinsichtlich Unfallörtlichkeit, Wetter, Unfallursächlichkeit usw. beurteilt und getragene Schutzhelme sowie Schutzkleidung, soweit möglich, methodisch untersucht.

Die Wiedergabe der Kasuistik-Fälle ist wie folgt gegliedert.

- a) Unfallablauf,
- b) Größen der Unfalleinwirkung
(Unfalleinwirksschwere),
- c) Hauptverletzungen, sowie

Beurteilung der Wirksamkeit von Schutzhelmen
und die zugehörigen Verschlüsselungen.

Eine Beurteilung der Ergebnisse der Untersuchungen von unfallbeschädigten Schutzhelmen ist kein wesentliches Ziel dieses Berichtes; begleitende Aussagen hierzu sind jedoch zur Veranschaulichung in einigen Fällen enthalten.

Zu a):

Unter "Unfallablauf" sind die wichtigsten Merkmale des Unfalles deskriptiv genannt.

Zu b):

Als wesentliche, die Unfalleinwirkungen charakterisierende Einwirkgrößen (bezogen auf den Körper der Verunglückten) wurden ermittelt:

1. KÖRPERAUFTREFFGESCHWINDIGKEIT
bzw. am Körper abgebaute Geschwindigkeit Δv_c :
Bahngeschwindigkeit des Körpers des Verunglückten im Auftreffpunkt unter Berücksichtigung einer evtl. noch vorhandenen Restgeschwindigkeit (Sekundärphase).
2. KÖRPERAUFTREFFWINKEL α_c
gegen den (die) Kollisionsbereich(e):
Raumwinkel zwischen 0 und 90 Grad, gebildet aus der Tangente der Bewegungsbahn des Körpers des Verunglückten und der Tangential-Ebene im Aufkommereich des Kollisionshindernisses.
3. KÖRPERBEWEGUNGSWEITE s_c
(ohne Transportstreckenanteile):
Länge der Bewegungsbahn des Körpers des Verunglückten zwischen dem Punkt der den Unfall herbeiführenden Störung und der Endlage des Verletzten; bei mehrphasigem Unfallablauf wurden die jeweiligen Distanzen zwischen den Kollisionshindernissen berücksichtigt.
4. FORMAGGRESSIVITÄT AF :
Verletzungsgefahr durch Kontur und Abmessung des Anprallbereiches des Kollisionshindernisses.
5. MATERIALAGGRESSIVITÄT AM :
Verletzungsgefahr durch Steifigkeit und Festigkeit des Anprallbereiches des Kollisionshindernisses.

Diese 5 Parameter der Unfalleinwirkung wurden in jeweils 6 Bereiche unterteilt und formelmäßig zum Motorrad-Unfallsschwere-Index MCASI (Motor Cycle Accident Severity Index) zusammengefaßt. [Schüler, 1984 (20)]

Der zahlenmäßige Wert des MCASI errechnet sich, indem die unter den zu berücksichtigenden Unfallparametern bereichsweise zugewiesenen Werte i (Werte i zwischen 1 und 6) addiert und durch die Anzahl der bewerteten Parameter dividiert werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß der unter dem Parameter KÖRPERAUFTREFFGESCHWINDIGKEIT Δv bereichsweise zugeordnete Wert i in die zu bildende Zählersumme quadriert eingeht. Das Skalenniveau des MCASI entspricht einer Ordinalskala mit den Stufen 1 bis 12.

Zu c):

Hier ist eine deskriptive Wiedergabe der Hauptverletzungen zu entnehmen, die jeweils auch verschlüsselt wurden, und zwar nach der Abbreviated Injury Scale in der Fassung von 1980 (AIS 80) (1) sowie nach dem Injury Severity Score (ISS), 1974 (11). Bei tödlich verlaufenen Unfällen erfolgte ferner die Benennung der Todesursache.

Erklärungen zu medizinischen Fachbegriffen können der Literatur, z.B. Pschyrembel, 1982 (17) entnommen werden.

Zur speziellen Erfassung der Helmbeschädigungen wurde der Helmbeschädigungs-Index HDI (Helmet Damage Index) [Schüler, 1984 (20)] herangezogen, durch den die Schwere von Helmbeschädigungen in 6 Beschädigungsklassen eingestuft wird.

3.1 Kasuistik Analyse von 12 Verkehrsunfällen

a) UNFALLABLAUF: Fall-Nr. 1

18-jähriger Motorradfahrer (Krad mit 400 ccm, 33 kW, 190 kg) befährt am Freitag, 16.05., 17.00 Uhr, die L 3120 von Airlenbach Richtung Olfen. Beim Einfahren in eine sich zuziehende Linkskurve erfolgte die Unfalleinleitung durch Überbremsen des Hinterrades; der Fahrer, der einen unsachgemäß nachlackierten PC-Schutzhelm trug, stürzte mit seiner Maschine und prallte wenige Meter nach dem Sturz mit dem Hinterkopf gegen einen Trägerpfosten (IPE 100) der dort vorhandenen Schutzplanke. Hierbei zersplitterte der versprödete Helm vollständig, der scharfkantige Anprall führte zu einer ausgeprägten, linienförmigen Impressionsfraktur am Hinterkopf. Weitere Verletzungen wurden erlitten - s.u. Infolge des schweren Schädelhirntraumas verstarb der Motorradfahrer knapp 4 Tage nach dem Unfall.

Grundsätzliche Unfallursache: Fahrfehler bei mangelnder Fahrpraxis, ungewohntes Fahrzeug einer Leihfirma.

Anmerkung: "Hundekurve" (Klothoidenform), in der sich bereits häufig Unfälle ereigneten.

b) GRÖSSEN DER UNFALLEINWIRKUNG:

- | | | |
|----------------------------------|-----------|--------------|
| - Körperrauftreffgeschwindigkeit | delta vc: | 40 - 55 km/h |
| - Körperrauftreffwinkel | Alpha c: | 70 - 90 Grad |
| - Körperbewegungsweite | sc: | 18 - 26 m |
| - Formaggressivität | AF: | Kante |
| - Materialaggressivität | AM: | sehr hart |
| - Unfalleinwirksschwere | MCASI: | 6,2 |
| - Helmbeschädigungsschwere | HDI: | 6 |

c) Hauptverletzungen:

- Linksoccipitale, offene Schädelkalottenfraktur mit Hirnaustritt, beidseitig Protusio bulbi, Contusio, Bewußtlosigkeit bis Todes-eintritt.
- Offene Fraktur des linken Oberarmes, Abriß des Nervus brachialis.

- Fraktur des linken Oberschenkels.
- Offene Fraktur des linken Unterschenkels
(Schienbein und Wadenbein)

Maximale Verletzungsschwere	MAIS:	5 (Kopf)
Gesamtverletzungsschwere	ISS:	38

Todesursache: Schädelhirntrauma

s. hierzu Abb. 3.1 bis 3.3



ABB. 3.1 zu Fall Nr. 1: Unfallstelle



ABB. 3.2 zu Fall Nr. 1: Verletzungen durch
Holmanprall

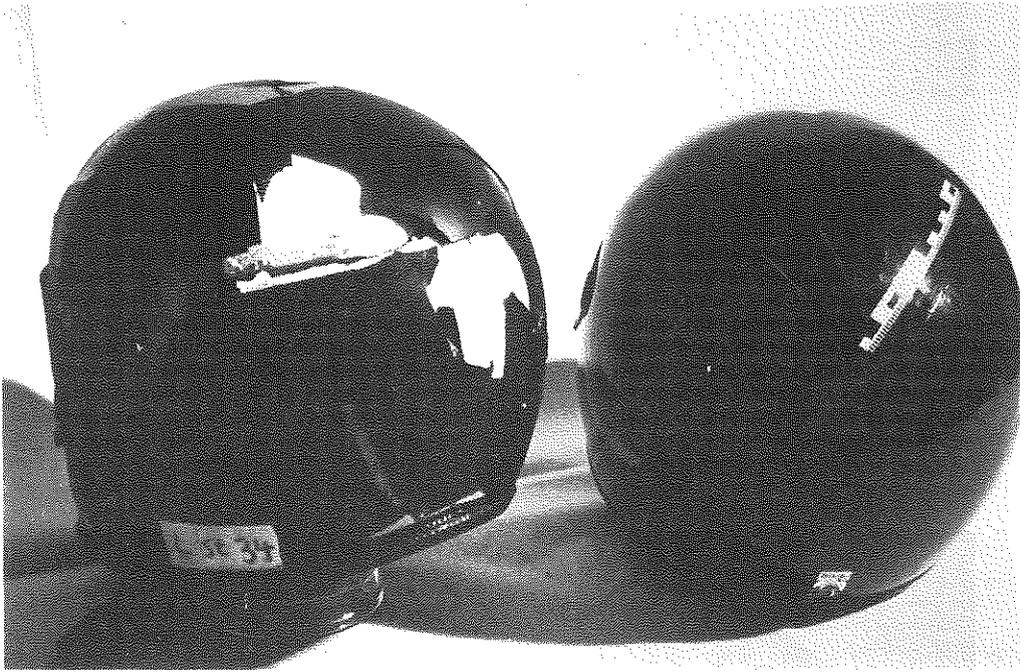


ABB. 3.3 Gegenüberstellung von Schutzhelmen
mit etwa gleicher Einwirkung durch
Pfostenanprall

Linker Helm
Fall Nr. 1

Rechter Helm
Fall Nr. 2

a) UNFALLABLAUF:

Fall-Nr. 2

22-jähriger Motorradfahrer (Krad mit 750 ccm, 57 kW, 231 kg) befährt am Sonntag, 22.06., 11.45 Uhr, außerorts die abschüssige Verbindungsstraße zwischen Wilhelmsfeld und Schriesheim talwärts. Ausgangs einer mäßigen Linkskurve wird er von einem überholenden Motorradfahrer gestreift, gerät gegen den rechten Bordstein und stürzt sodann bei einer Geschwindigkeit von ca. 90 km/h. Nach Lösen von der Maschine rutscht der Fahrer ca. 30 m quer über die Fahrbahn und prallt auf der gegenüberliegenden Fahrbahnseite mit dem Kopf gegen einen Trägerpfosten (IPE 100) der dort vorhandenen Schutzplanke. Da ein Schutzhelm ordnungsgemäß getragen wurde, blieben die Kopfverletzungen beschränkt auf eine mäßige Gehirnerschütterung mit kurzer Bewußtlosigkeit und retrograder Amnesie. Weitere Verletzungen wurden erlitten. Der Bruch des 2. Lendenwirbelkörpers wurde äußerst wahrscheinlich begünstigt durch eine früher bereits an diesem Wirbelkörper erlittene Verletzung. Das Motorrad war neuwertig, jedoch nicht das erste Fahrzeug des Verunglückten, der bereits eine Fahrpraxis von gut 30.000 km hatte.

Grundsätzliche Unfallursache: Sturz nach Streifkontakt durch überholenden Motorradfahrer.

Anmerkung: Unfalleinwirksschwere vergleichbar mit Fall-Nr. 1; Schutzhelm jedoch bei Unfall in ordnungsgemäßem Zustand.

b) GRÖSSEN DER UNFALLEINWIRKUNG:

- Körperaauftreffgeschwindigkeit	delta vc:	35 - 50 km/h
- Körperaauftreffwinkel	Alpha c:	80 - 90 Grad
- Körperbewegungsweite	sc:	50 - 60 m
- Formaggressivität	AF:	Kante
- Materialaggressivität	AM:	sehr hart
- Unfalleinwirksschwere	MCASI:	6,0
- Helmbeschädigungsschwere	HDI:	4

c) Hauptverletzungen:

- Mäßige Gehirnerschütterung mit kurzer Bewußtlosigkeit und retrograder Amnesie.

- Prellung der rechten Schulter, Prellungen im gesamten Rückenbereich (Verletzungsmin- derung wegen Benutzung einer Schutzjacke).
- Bruch des 2. Lendenwirbelkörpers.

Maximale Verletzungsschwere
Gesamtverletzungsschwere

MAIS: 2 (Wirbelsäule)
ISS: 12

s. hierzu Abb. 3.4



ABB. 3.4 zu Fall Nr. 2: Unfallstelle, Übersicht
des Straßenverlaufs

a) UNFALLABLAUF

Fall-Nr. 3

23-jähriger Motorradfahrer (Krad mit 900 ccm, 70 kW, 266 kg) mit Schutzhelm befährt am Dienstag, 29.07., 17.50 Uhr, außerorts die B 36 von Hockenheim nach Schwetzingen. Abbruch eines Überholvorganges bei ca. 110 km/h, Panikbremsung, Ausbrechen des Vorderrades mit primärem Sturz auf die Straßenoberfläche. Nach ca. 35 m langer Rutschstrecke Körperanprall gegen Trägerpfosten (IPE 100) der dort vorhandenen Schutzplanke; Unterrutschung der Schutzplanke auf einen neben der Straße verlaufenden Gleiskörper; hierbei schwerste Verletzungen im Bereich des rechten Oberarmes und der rechten Schulter - s. u. Weitere schwere Verletzungen wurden erlitten. 3 Tage nach dem Unfall verstarb der Motorradfahrer.

Grundsätzliche Unfallursache: Unangepasste Fahrweise, Panikbremsung mit überbremsstem, ausbrechendem Vorderrad und bremsblockiertem Hinterrad.

Anmerkung: Zweck der Fahrt war die Überprüfung des Motors nach Reparatur; seine Schutzjacke hatte der Fahrer bei der Reparaturwerkstatt, zu der er wieder zurückkehren wollte, liegengelassen.

b) GRÖSSEN DER UNFALLEINWIRKUNG:

- Körpereauffreffgeschwindigkeit	delta vc:	40 - 60 km/h
- Körpereauffreffwinkel	Alpha c:	70 - 90 Grad
- Körperbewegungsweite	sc:	ca. 42 m
- Formaggressivität	AF:	Kante
- Materialaggressivität	AM:	sehr hart
- Unfalleinwirksschwere	MCASI:	5
- Helmbeschädigungsschwere	HDI:	2

c) Hauptverletzungen:

- Trümmerbruch des rechten Oberarmes mit Plexus-Ausriß und Abriß der Unterschlüsselbeinblutgefäße. Gelenkkapselriß im Schultergelenk.
- Unterarmfraktur rechts (Radius), Bruch der 1. Rippe rechts, massives Hämatom rechte Schulter.
- Tiefe Rißwunde mit Muskelverletzung am rechten Oberschenkel.

Maximale Verletzungsschwere	MAIS: 4
Gesamtverletzungsschwere	ISS: 29

Todesursächlich war der Abriß der Unterschlüsselbeingefäße mit der Folge eines nicht mehr beherrschbaren hämorrhagischen Schocks.

s. hierzu Abb. 3.5

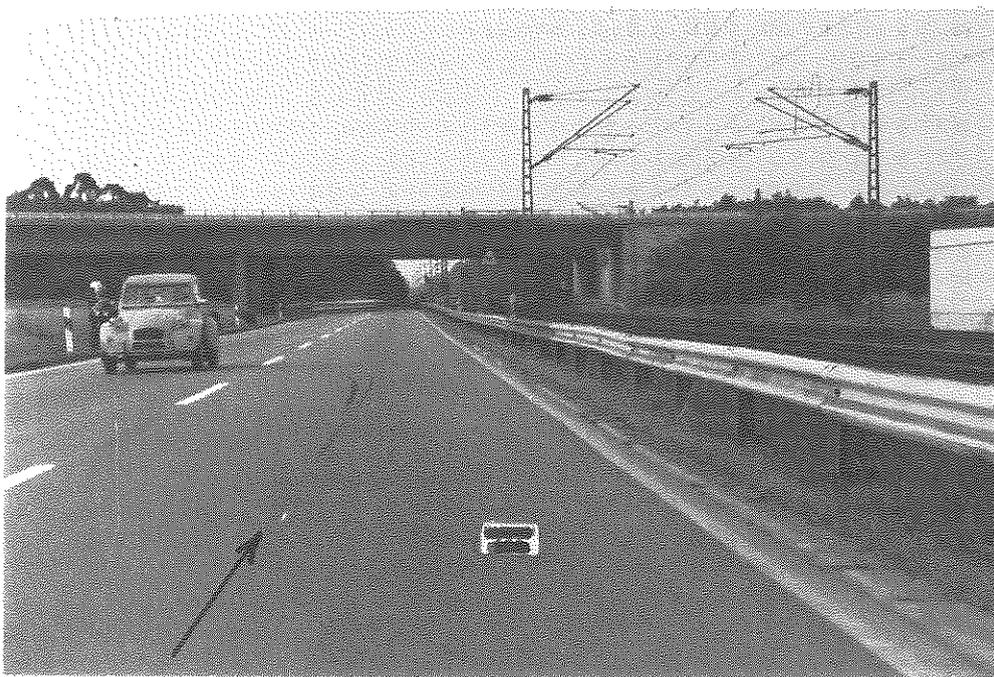


ABB. 3.5 zu Fall Nr. 3: Übersicht der Unfall-
stelle

a) UNFALLABLAUF:

Fall-Nr. 4

22-jähriger Motorradfahrer (Krad mit 400 ccm, 20 kW, 206 kg) mit Schutzhelm befuhr am Montag, 01.09., gegen 18.00 Uhr außerorts die B 39 zwischen Rauenberg und der Abzweigung Dielheim. Auf trockenem Asphaltbelag kam es beim Befahren einer langgezogenen Linkskurve bei 70 - 80 km/h zum Aufsetzen des nicht hochgeklappten Seitenständers. Nach eingeleiteter Bremsung kam das Motorrad von der Fahrbahn ab und geriet in den Bereich der einmündenden Straße. Es kam zunächst zu einem Streifkontakt mit der Vorderfront eines dort verkehrsbedingt haltenden Pkw und sodann zum stumpfwinkligen Aufprall von Fahrer und Maschine gegen die dort vorhandene Schutzplanke. Die lebensbedrohlichen Verletzungen konnten durch schnelle notärztliche Versorgung beherrscht werden.
Grundsätzliche Unfallursache: Aufsetzen des nicht hochgeklappten Seitenständers.

b) GRÖSSEN DER UNFALLEINWIRKUNG:

- Körperrauftreffgeschwindigkeit	delta vc:	20 - 35 km/h
- Körperrauftreffwinkel	Alpha c:	40 - 55 Grad
- Körperbewegungsweite	sc:	ca. 14 m
- Formaggressivität	AF:	flächige Kante
- Materialaggressivität	AM:	hart
- Unfalleinwirksschwere	MCASI:	4
- Helmbeschädigungsschwere	HDI:	2

c) Hauptverletzungen:

- Prellmarke im rechten Thoraxbereich, Spannungspneumothorax rechts, Pneumoperikard.
- kleiner Lebereinriß
- Schlüsselbeinbruch rechts, Schulterblattbruch rechts, Fraktur des rechten Querfortsatzes an Lendenwirbelkörper 1, Rippenserienfrakturen rechts (3. bis 8. Rippe).
- Laterobasale Schädelfraktur rechts.
- Oberschenkelschaftfraktur links, Steißbeinfraktur
- Hämatom, 3. Zehe rechts.

Maximale Verletzungsschwere
Gesamtverletzungsschwere

MAIS: 4
ISS: 41

s. hierzu Abb. 3.6



ABB. 3.6 zu Fall Nr. 4: Übersicht der Unfall-
stelle

- Fragwürdige Schutzplankenaufstellung-

a) UNFALLABLAUF:

Fall-Nr. 5

24-jähriger Motorradfahrer (Krad mit 750 ccm, 57 kW, 220 kg) mit Schutzhelm befuhr am Sonntag, dem 29. März, die BAB-Verbindungsstrecke Weinheim in Richtung Viernheim in einer Gruppe mit weiteren Motorradfahrern. Infolge einer plötzlichen Fahrstörung - möglicherweise verursacht durch den Bruch des antriebsseitigen Kettenspanners - kam es beim Durchfahren einer leichten Linkskurve auf der BAB zur Trennung von Fahrer und Maschine. Nach einer Distanz von etwa 90 m, die der Fahrer, der Lederschutzkleidung trug, rutschend und sich überschlagend zurücklegte, wurde dieser durch einen Anprall des helmgeschützten Kopfes gegen einen Schutzplanken trägerpfosten lebensbedrohlich verletzt. Nach weit über einjähriger Krankenhausverweildauer heilten die schweren Kopfverletzungen soweit aus, daß der Student nach einigen Monaten weiterer Rekonvaleszenz sein Studium fortsetzen konnte. Nach dem Ergebnis der Unfall- und Helmuntersuchung besteht kein Zweifel daran, daß der ordnungsgemäß getragene Schutzhelm trotz seines Alters von 7 Jahren den Motorradfahrer vor tödlichen Schädelhirnverletzungen bewahrte.

b) GRÖSSEN DER UNFALLEINWIRKUNG:

- | | | |
|----------------------------------|-----------|--------------|
| - Körperrauftreffgeschwindigkeit | delta vc: | 35 - 45 km/h |
| - Körperrauftreffwinkel | Alpha c: | ca. 80 Grad |
| - Körperbewegungsweite | sc: | ca. 90 m |
| - Formaggressivität | AF: | Kante |
| - Materialaggressivität | AM: | sehr hart |
| - Unfalleinwirkungsstärke | MCASI: | 5,2 |
| - Helmbeschädigungsschwere | HDI: | 5 |

c) Hauptverletzungen:

- Schweres Schädelhirntrauma unter Schutzhelm, Kontusionsherde im Zentralhirn und im rechten, äußeren Vorderhirn.
- Bruch des rechten Oberarmes mit Abriß des Nervus radialis.
- Zahlreiche Prellungen am ganzen Körper.

Maximale Verletzungsschwere	MAIS:	5 (Kopf)
Gesamtverletzungsschwere	ISS:	38

s. hierzu Abb. 3.7 und 3.8

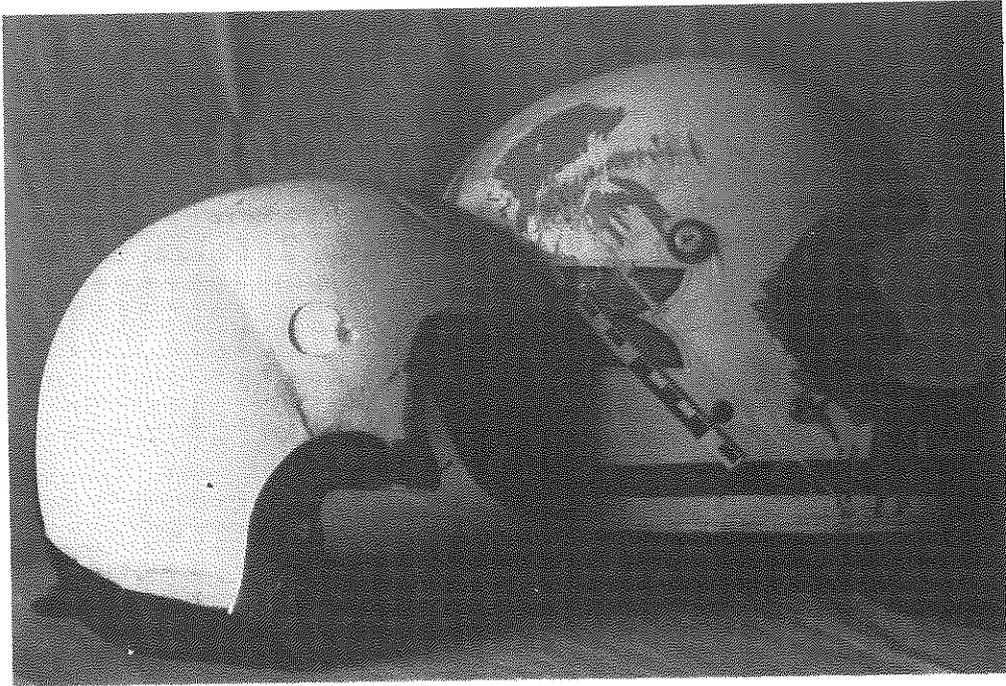


ABB. 3.7 zu Fall Nr. 5:

Schutzhelmaußenschale und entnommene
Stoßpolsterung
(links) nach typischen Pfostenanprall

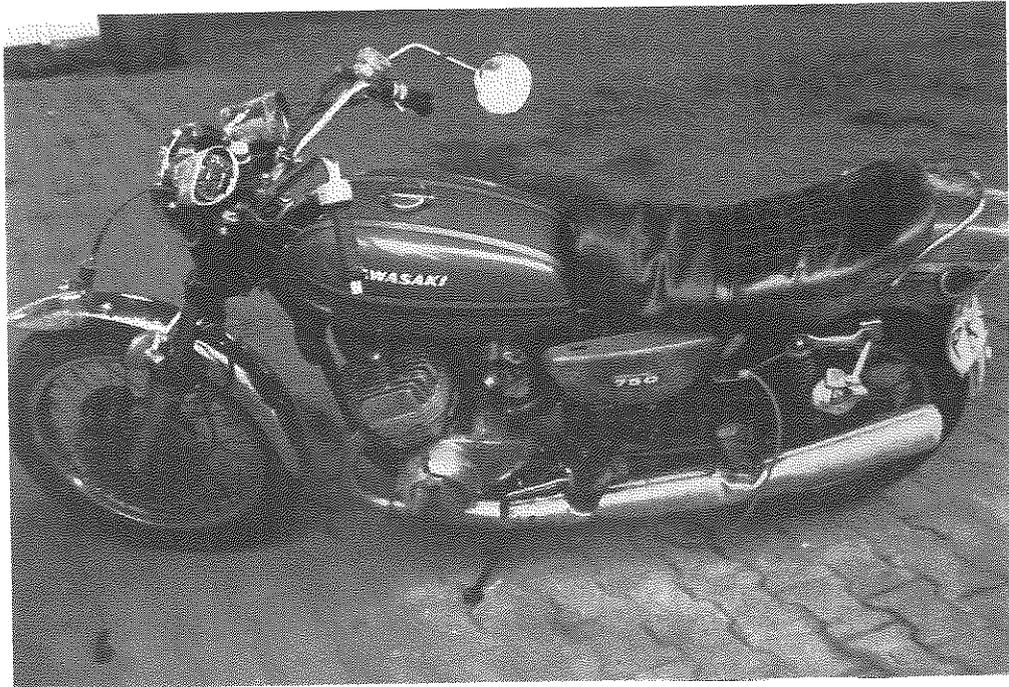


ABB. 3.8 zu Fall Nr. 5: Unfallfahrzeug

a) UNFALLABLAUF: Fall-Nr. 6 (Fahrerin)

18-jährige Motorradfahrerin (Krad mit 400 ccm, 20 kW, 203 kg) und 18-jährige Sozia, beide mit Schutzhelm, befuhren am Donnerstag, dem 9.7., 20.15 Uhr, die BAB A 659 im Bereich des Autobahnkreuzes Weinheim. Beim Einfahren in eine BAB-Abzweigung (Rechtskurve, Klothoide) kam die Maschine nach links von der Fahrbahn ab, tangierte unter sich vergrößernder Schräglage die Schutzplankenholme (Einklemmung des linken Beines der Fahrerin) und prallte gegen einen Schutzplankenpfosten. Hierdurch erfolgte die Abschleuderung beider Fz-Benutzer, die beide die Schutzplanke unterrutschten. Während die Fahrerin bei der Unterrutschung die SP-Pfosten höchstens schwach streifend berührte, kam es für die Sozia zu einer Verhakung an Holm und Pfosten, durch die sie tödliche Verletzungen erlitt. Zum Unfallzeitpunkt herrschte Sommerwetter, Fahrbahn trocken, Sicht unbehindert. Grundsätzliche Unfallursache: Mangelnde Fahrerfahrung (ca. 1 Monat FE Klasse I), Fehleinschätzung der Streckenführung, wahrscheinlich unfallbegünstigendes Fehlverhalten der Sozia.

b) GRÖSSEN DER UNFALLEINWIRKUNG:

- | | | |
|---------------------------------|-----------|----------------|
| - Körperauftreffgeschwindigkeit | delta vc: | 55 - 65 km/h |
| - Körperauftreffwinkel | Alpha c: | 10 - 20 Grad |
| - Körperbewegungsweite | sc: | 6 - 10 m |
| - Formaggressivität | AF: | flächige Kante |
| - Materialaggressivität | AM: | hart |
| - Unfalleinwirkschwere | MCASI: | 4-5 |
| - Helmbeschädigungsschwere | HDI: | 2 |

c) Hauptverletzungen: (Fahrerin)

- offene Fraktur des linken Oberschenkels, Fraktur der linken Beckenschaufel
- mittelstarke Gehirnerschütterung, Schürfwunden und Prellungen an der rechten Gesichtshälfte
- Schürfwunden und Prellungen am linken Unterarm

Maximale Verletzungsschwere	MAIS:	4 (Kopf)
Gesamtverletzungsschwere	ISS:	29

s. hierzu Abb. 3.9 und 3.10

a) UNFALLABLAUF: Fall-Nr. 6 (Mitfahrerin)

18-jährige Motorradfahrerin (Krad mit 400 ccm, 20 kW, 203 kg) und 18-jährige Sozia, beide mit Schutzhelm, befuhren am Donnerstag, dem 9.7., 20.15 Uhr, die BAB A 659 im Bereich des Autobahnkreuzes Weinheim. Beim Einfahren in eine BAB-Abzweigung (Rechtskurve, Klothoide) kam die Maschine nach links von der Fahrbahn ab, tangierte unter sich vergrößernder Schräglage die Schutzplankenholme (Einklemmung des linken Beines der Fahrerin) und prallte gegen einen Schutzplankenpfosten. Hierdurch erfolgte die Abschleuderung beider Fz-Benutzer, die beide die Schutzplanke unterrutschten. Während die Fahrerin bei der Unterrutschung die SP-Pfosten höchstens schwach streifend berührte, kam es für die Sozia zu einer Verhakung an Holm und Pfosten, durch die sie tödliche Verletzungen erlitt. Zum Unfallzeitpunkt herrschte Sommerwetter, Fahrbahn trocken, Sicht unbehindert. Grundsätzliche Unfallursache: Mangelnde Fahrerfahrung (ca. 1 Monat FE Klasse I), Fehleinschätzung der Streckenführung, wahrscheinlich unfallbegünstigendes Fehlverhalten der Sozia.

b) GRÖSSEN DER UNFALLEINWIRKUNG:

- | | | |
|---------------------------------|-----------|--------------|
| - Körperauftreffgeschwindigkeit | delta vc: | 40 - 60 km/h |
| - Körperauftreffwinkel | Alpha c: | 80 - 90 Grad |
| - Körperbewegungsweite | sc: | 8 - 12 m |
| - Formaggressivität | AF: | Kante |
| - Materialaggressivität | AM: | hart |
| - Unfalleinwirkschwere | MCASI: | 5,6 |
| - Helmbeschädigungsschwere | HDI: | 1 |

c) Hauptverletzungen: (Mitfahrerin)

- schwere offene Rib-Quetschwunde der Brustvorderseite links mit Rippenfrakturen und Lungenquetschungen
- Schädelbasisringbruch mit Hirnhautzerreißung und klaffender Verbindung zur Mundhöhle
- flächenhafte Schürfungen und Prellungen über den dorsalen Schulterregionen beiderseits
- auffällig konturierte, rechteckig profilierte Gewalteinwirkung an der Außenseite des Oberarmes. Profilierte Prellmarke an der linken Kinnunterseite.

Maximale Verletzungsschwere	MAIS: 6
Gesamtverletzungsschwere	ISS: 75

Todesursache: Kombinationswirkung eines massiven Blutverlustes und einer Atemstörung durch Aspiration von Mageninhalt.

s. hierzu Abb. 3.9 bis 3.10

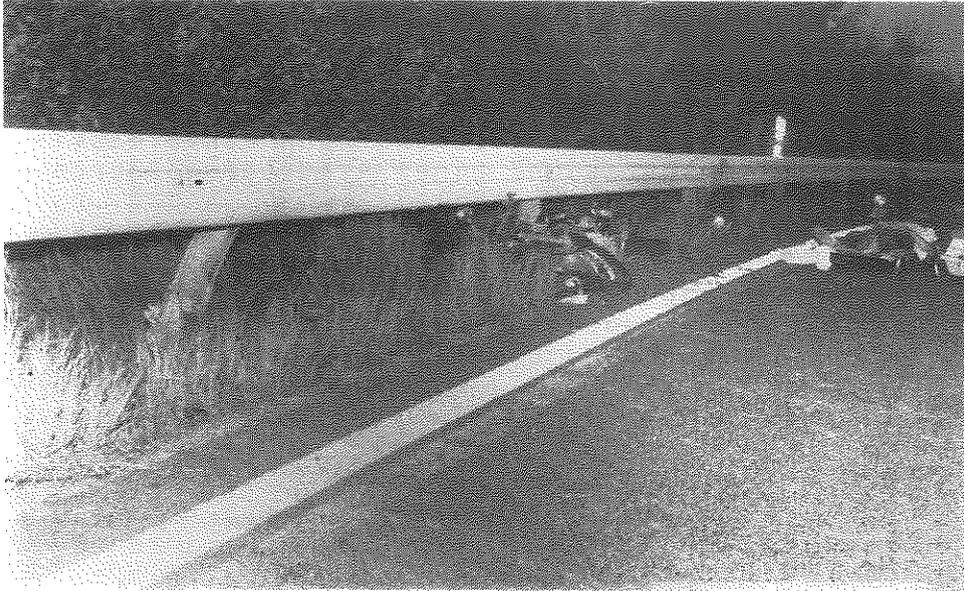


ABB. 3.9 zu Fall Nr. 6: Unfallstelle



ABB. 3.10 zu Fall Nr. 6: Übersicht der Unfall-
stelle

- Fragwürdige Schutzplankenaufstellung -

a) UNFALLABLAUF:

Fall-Nr. 7

25-jähriger Motorradfahrer (Krad mit 500 ccm, 20 kW, 143 kg) mit ordnungsgemäß getragenen Schutzhelm befährt am Mittwoch, dem 4.11., 8.20 Uhr, die BAB von Heidelberg nach Darmstadt. Im Bereich der BAB-Abfahrt nach Darmstadt kam es sehr wahrscheinlich infolge herrschender Straßenglätte in einer Rechtskurve bei etwa 80 km/h zum Wegrutschen des Hinterrades und hierdurch zum Sturz. Nach längerer Rutschstrecke kam es nach Trennung von Fahrer und Maschine (die vorausrutschte) zum Körperanprall des Motorradfahrers gegen den Trägerpfosten (IPE 100) der dort vorhandenen Schutzplanke. Der Verunglückte gelangte ca. 4 m nach der Anprallstelle in seine Endlage. Aus der orangefarbenen PC-Augenschale des Schutzhelmes wurde beim Kopf- bzw. Helmanprall im Bereich des linken Hinterkopfes ein ovales Fragment von 7 - 8 cm Durchmesser herausgesprengt. Grundsätzliche Unfallursache: Wahrscheinlich unangepaßte Fahrweise bei Straßenglätte. Anmerkung: Führerscheinklasse I seit 8 Jahren, Fahrerfahrung auf Unfallmaschine 3,5 Jahre.

b) GRÖSSEN DER UNFALLEINWIRKUNG:

- Körperrauftreffgeschwindigkeit delta vc: 30 - 40 km/h
- Körperrauftreffwinkel Alpha c: 80 - 90 Grad
- Körperbewegungsweite sc: 28 - 32 m
- Formaggressivität AF: Kante
- Materialaggressivität AM: hart
- Unfalleinwirksschwere MCASI: 4
- Helmbeschädigungsschwere HDI: 3

c) Hauptverletzungen:

- Abriß der Arteria subclavia, etwa 2 cm distal des Abganges der Arteria vertebralis links.
- Zentraler Ausriß des Plexus brachialis am Halswirbelsäulensegment C 4.
- Gehirnerschütterung mit ca. 1,5 Std. andauernder Bewußtlosigkeit; Verdacht auf Schädelfraktur.
- Offene Fraktur des linken Schlüsselbeines; ferner mehrere geringgradige Körperprellungen.

Maximale Verletzungsschwere MAIS: 4
Gesamtverletzungsschwere ISS: 41

a) UNFALLABLAUF: Fall-Nr. 8 (Fahrer)

24-jähriger Motorradfahrer (Krad mit 1100 ccm, 74 kW, 264 kg) befuhr am Samstag, dem 8.5., 18.05 Uhr, mit seiner 22-jährigen Ehefrau als Sozia die trockene L 536 von Wilhelmsfeld talwärts in Richtung Schriesheim. Beide Fahrzeugbenutzer trugen ordnungsgemäß Schutzhelme. In einer langgezogenen Linkskurve kam es infolge unangepaßter Fahrweise zunächst zu einem Bordsteinkontakt des Krades. Hierdurch legte sich die Maschine auf die Seite und rutschte über eine Distanz von etwa 77 m zur linken Fahrbahnseite, wo sie, mit dem Heck auftreffend, von einem Schutzplankenträger gestoppt wurde. Während der Fahrer in unmittelbarer Nähe des Motorrades zwar unter die Schutzplanken rutschte, jedoch keinen massiven Körperkontakt mit Teilen der Schutzplanke hatte, kam es bei der Sozia, die sich früher vom Fahrzeug gelöst hatte, zu einem Anprall des helmgeschützten Kopfes gegen den Trägerpfosten (IPE 100) der Schutzplanke. Infolge dieses Anpralles wurde die Augenschale des Schutzhelmes durch einen zirkular, vom linken zum rechten Sehfeldrand verlaufenden Riß in zwei Teile zerlegt. Die Sozia erlitt durch den von der Seite her erfolgten Kopfanprall eine Biege-Scherfraktur der Halswirbelsäule (Genickbruch) und verstarb an der Unfallstelle.

Grundsätzliche Unfallursache: Unangepaßte Fahrweise, möglicherweise ergänzt durch Fehlverhalten der Sozia.

Anmerkung: Dieselbe Unfallstelle wie Fall-Nr. 2

b) GRÖSSEN DER UNFALLEINWIRKUNG:

- Körperrauftreffgeschwindigkeit	delta vc:	60 - 80 km/h
- Körperrauftreffwinkel	Alpha c:	20 - 30 Grad
- Körperbewegungsweite	sc:	65 - 80 m
- Formaggressivität	AF:	Fläche
- Materialaggressivität	AM:	sehr hart
- Unfalleinwirkschwere	MCASI:	5,6
- Helmbeschädigungsschwere	HDI:	1

c) Hauptverletzungen: (Fahrer)

- Hautabschürfungen und Prellungen an beiden Händen, im Rückenbereich und an den Beinen; schwerer Unfallschock; Entlassung aus dem Krankenhaus am Tage nach der Einlieferung.

Maximale Verletzungsschwere	MAIS:	1
Gesamtverletzungsschwere	ISS:	3

s. hierzu Abb. 3.11 und 3.12

a) UNFALLABLAUF: Fall-Nr. 8 (Mitfahrerin)

24-jähriger Motorradfahrer (Krad mit 1100 ccm, 74 kW, 264 kg) befuhr am Samstag, dem 8.5., 18.05 Uhr, mit seiner 22-jährigen Ehefrau als Sozia die trockene L 536 von Wilhelmsfeld talwärts in Richtung Schriesheim. Beide Fahrzeugbenutzer trugen ordnungsgemäß Schutzhelme. In einer langgezogenen Linkskurve kam es infolge unangepaßter Fahrweise zunächst zu einem Bordsteinkontakt des Krades. Hierdurch legte sich die Maschine auf die Seite und rutschte über eine Distanz von etwa 77 m zur linken Fahrbahnseite, wo sie, mit dem Heck auftreffend, von einem Schutzplankenträger gestoppt wurde. Während der Fahrer in unmittelbarer Nähe des Motorrades zwar unter die Schutzplanken rutschte, jedoch keinen massiven Körperkontakt mit Teilen der Schutzplanke hatte, kam es bei der Sozia, die sich früher vom Fahrzeug gelöst hatte, zu einem Anprall des helmgeschützten Kopfes gegen den Trägerpfosten (IPE 100) der Schutzplanke. Infolge dieses Anpralles wurde die Außenschale des Schutzhelmes durch einen zirkular, vom linken zum rechten Sehfeldrand verlaufenden Riß in zwei Teile zerlegt. Die Sozia erlitt durch den von der Seite her erfolgten Kopfanprall eine Biege-Scherfraktur der Halswirbelsäule (Genickbruch) und verstarb an der Unfallstelle.

Grundsätzliche Unfallursache: Unangepaßte Fahrweise, möglicherweise ergänzt durch Fehlverhalten der Sozia.

Anmerkung: Dieselbe Unfallstelle wie Fall-Nr. 2

b) GRÖSSEN DER UNFALLEINWIRKUNG:

- Körperrauftreffgeschwindigkeit	delta vc:	20 - 40 km/h
- Körperrauftreffwinkel	Alpha c:	80 - 90 Grad
- Körperbewegungsweite	sc:	50 - 65 m
- Formaggressivität	AF:	Kante
- Materialaggressivität	AM:	sehr hart
- Unfalleinwirkungsstärke	MCASI:	4,2
- Helmbeschädigungsstärke	HDI:	(4?) wegen mangelhafter Helmkonstruktion ungewiß

c) Hauptverletzungen: (Mitfahrerin)

- Biege-Scherbruch der Halswirbelsäule (Genickbruch).
- Mehrere mäßiggradige Prell- und Schürfwunden im Rückenbereich und an den Beinen.

Maximale Verletzungsschwere	MAIS: 6
Gesamtverletzungsschwere	ISS: 75

Todesursache: Halsmarkquetschung

s. hierzu Abb. 3.11 und 3.12

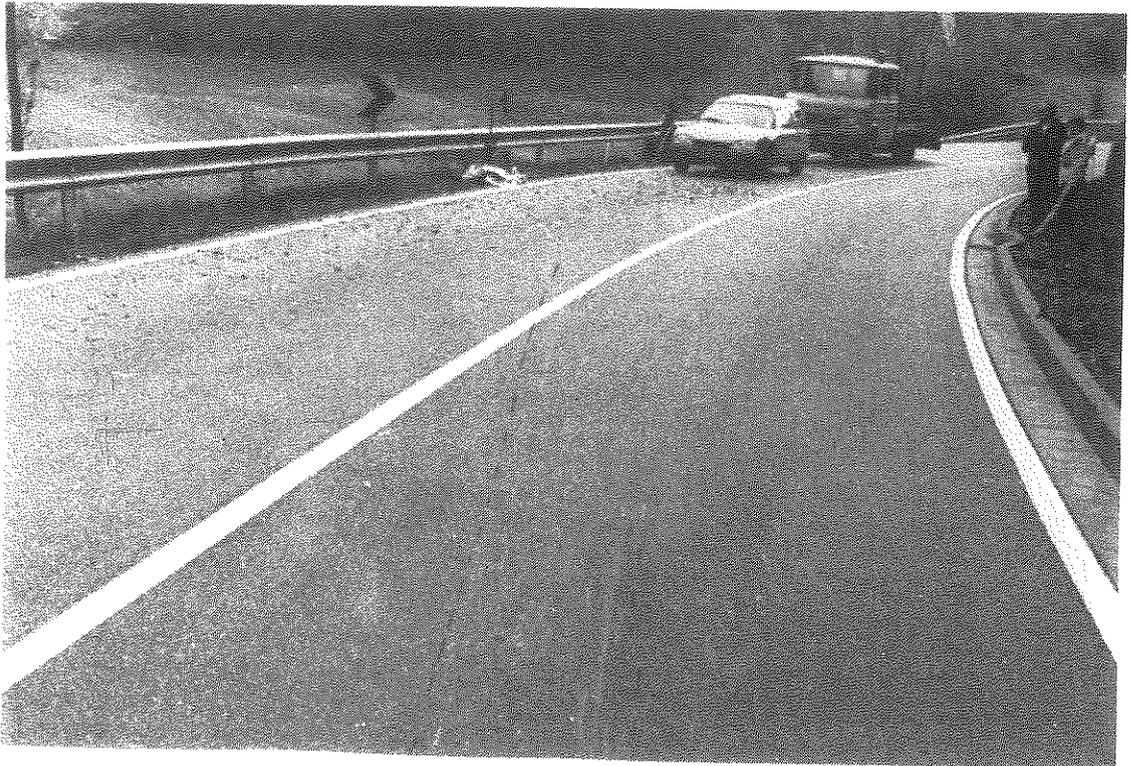


ABB. 3.11 zu Fall Nr. 8: Übersicht der Unfall-
stelle

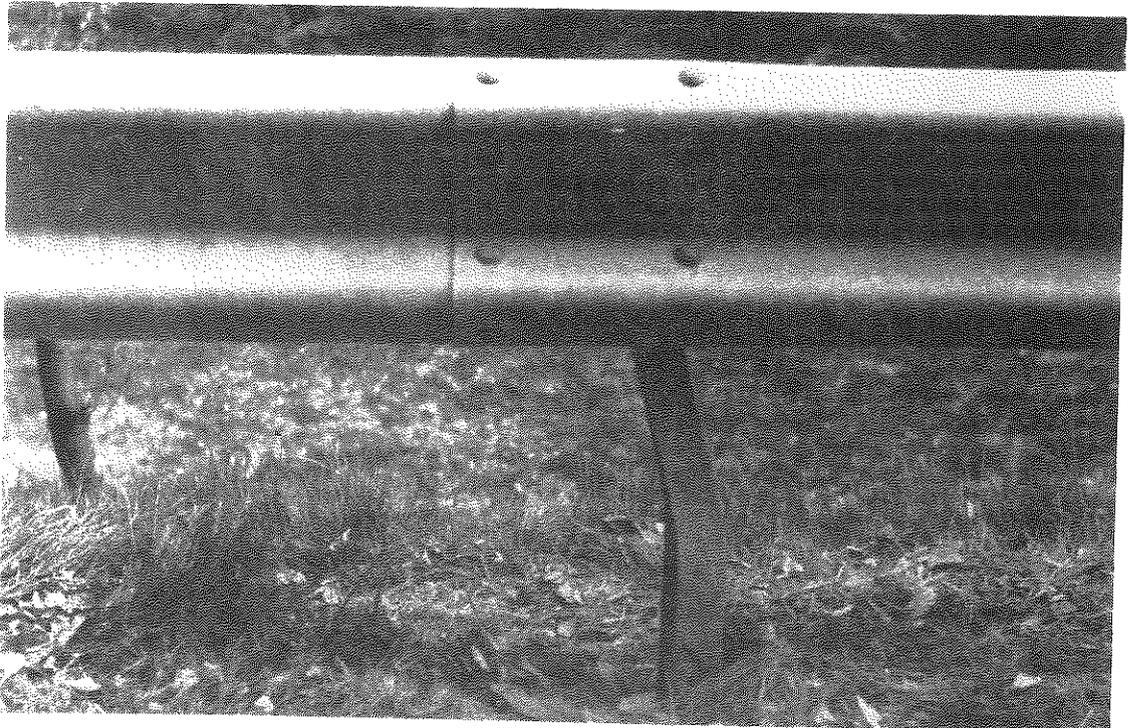


ABB. 3.12 zu Fall Nr. 8:

Durch Körperanprall deformierter Schutzplankenpfosten

a) UNFALLABLAUF:

Fall-Nr. 9

32-jähriger Motorradfahrer (Krad mit 500 ccm, 36 kW, 181 kg) mit Schutzhelm befuhr am Samstag, dem 3.7., 15.10 Uhr, die L 2311 außerorts Eberbach Richtung Gaimühle in einer Gruppe mit 3 weiteren Motorradfahrern, die in größerem Abstand folgten. Aus nicht aufklärbaren Gründen, möglicherweise wegen eines defekten Getriebes, streifte der erfahrene Motorradfahrer zunächst in einer Linkskurve eine Kurvenblende und prallte sodann bei einer Geschwindigkeit von 70 - 100 km/h gegen die dort vorhandene Schutzplanke. Fahrer und Maschine wurden über die Schutzplanke gehoben, überflogen eine etwas tiefer gelegene Zufahrtsstraße und durchbrachen sodann einen Maschendrahtzaun, unter dem der Verunglückte durchrutschte; hierbei wurde ihm der Helm vom Kopf gerissen. Todeseintritt an der Unfallstelle infolge Halsmarkabrisses und Ausblutung.

Grundsätzliche Unfallursache: Ungeklärt, Verdacht auf unangemessene Fahrweise, möglicherweise technischer Defekt im Getriebe der erst 2 Monate alten Maschine. Fahrer mit mehr als 10-jähriger Fahrerfahrung (mehr als 100000 km); auf Unfallmaschine jedoch erst geringe Fahrerfahrung.

b) GRÖSSEN DER UNFALLEINWIRKUNG:

- Körperrauftreffgeschwindigkeit	delta vc:	70 - 100 km/h
- Körperrauftreffwinkel	Alpha c:	30 - 40 Grad
- Körperbewegungsweite	sc:	ungewiß
- Formaggressivität	AF:	flächige Kante
- Materialaggressivität	AM:	grenzhart
- Unfalleinwirksschwere	MCASI:	ungewiß
- Helmbeschädigungsschwere	HDI:	2

c) Hauptverletzungen:

- Schädelbasisringfraktur, Abriß des verlängerten Markes etwa in Höhe des 2. Halswirbelkörpers in Kombination mit Quetschung dieser Zone. Vollständiger Abriß der Arterien und Venen des Gehirnes im Niveau der Schädelbasisdurchtrittsstelle.

- Rippenserienfrakturen rechts Nr. 5-8 in der hinteren Axiallarlinie. Luxationsfraktur des rechten Oberarmes, Oberarmschaftfraktur links.

Maximale Verletzungsschwere	MAIS: 6
Gesamtverletzungsschwere	ISS: 75

Todesursache: Halsmarkabriß und Ausblutung.

a) UNFALLABLAUF:

Fall-Nr. 10

20-jähriger Motorradfahrer befuhr bei klarem, trockenem Sommerwetter auf privat entliehenem Motorrad (750 ccm, 46 kW, 260 kg) mit Schutzhelm am Montag, den 22.8., 23.20 Uhr die B 292 (Schwarzdecke) von Düren nach Eschelbach. Beim Befahren einer langgezogenen Rechtskurve kam er nach links von der Straße ab und fuhr zunächst unter spitzem Winkel gegen die dort eingebaute Schutzplanke. Nach Sturz und Trennung vom Motorrad prallte der Fahrer nach einer Bewegungstrecke von etwa 20 m mit dem helmgeschützten Kopf gegen einen Schutzplankenpfosten (IPE 100), von dem aus er nach einer Strecke von weiteren 4 - 6 m in seine Endlage gelangte. Er verstarb infolge der Unfalleinwirkungen unmittelbar nach dem Unfall.

Grundsätzliche Unfallursache: Nach dem Ergebnis der technischen Untersuchung des Motorrades war davon auszugehen, daß unmittelbar vor dem Unfall die Abblendlicht-Glühwendel durchgebrannt war. Weitere technische Defekte wies die Maschine nicht auf.

b) GRÖSSEN DER UNFALLEINWIRKUNG:

- | | | |
|----------------------------------|-----------|--------------|
| - Körperaauftreffgeschwindigkeit | delta vc: | 25 - 35 km/h |
| - Körperaauftreffwinkel | Alpha c: | 80 - 90 Grad |
| - Körperbewegungsweite | sc: | ca. 24 m |
| - Formaggressivität | AF: | Kante |
| - Materialaggressivität | AM: | sehr hart |
| - Unfalleinwirksschwere | MCASI: | 4,4 |
| - Helmbeschädigungsschwere | HDI: | 4 |

c) Hauptverletzungen:

- Schädelbasisbruch, Ausriß der Halswirbelsäule mit Rückenmarkquetschung.
- Schürf- und Prellverletzungen im Rückenbereich und an der linken Körperflanke, Prellmarken am Kniegelenk und Unterschenkel des linken Beines.

Maximale Verletzungsschwere	MAIS:	6
Gesamtverletzungsschwere	ISS:	75

Todesursache: Ausriß der Halswirbelsäule mit Rückenmarkquetschung

s. hierzu Abb. 3.13 und 3.14



ABB. 3.13 zu Fall Nr. 10: Schutzplankendeformation nach tödlich verlaufenem Körper(Kopf)-Anprall

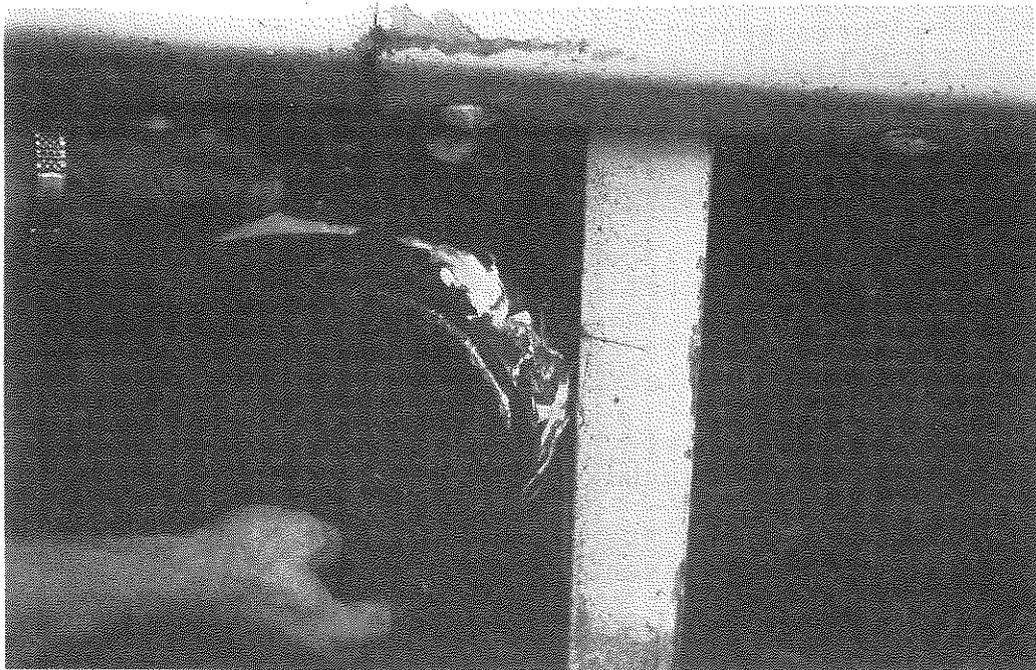


ABB. 3.14 zu Fall Nr. 10: Anprallsituation

a) UNFALLABLAUF:

Fall-Nr. 11

18-jährige Fahrschülerin befuhr mit dem Motorrad einer Fahrschule (400 ccm, 20kW, 190 kg) am Mittwoch, dem 17.9., 15.48 Uhr, die BAB bei Werl. Beim Spurwechsel nach rechts nach vorausgegangenem Überholvorgang hantierte die Fahrschülerin nach Zeugenaussagen plötzlich am Visier des Helmes und verlor hierbei die Kontrolle über das Fahrzeug. Abkommen nach rechts über die Standspur, Anfahrung der Schutzplanke, hierdurch Trennung vom Krad und nach ca. 12 m Körperanprall gegen den Trägerpfosten (IPE 100) der Schutzplanke, der im wesentlichen den helmgeschützten Kopf traf. Das Motorrad brannte in seiner Endlage völlig aus. Durch den Pfostenanprall wurde der Schutzhelm im Bereich des linken Hinterkopfes von der Seite her beiliebartig durchtrennt. Die Fahrschülerin erlag ihren Verletzungen an der Unfallstelle.

Grundsätzliche Unfallursache: Geringe Verkehrstüchtigkeit. Überforderung durch Schutzhelmbedienung, letzteres wurde bereits des öfteren bei Schulungsfahrten zur FE Klasse I beobachtet.

b) GRÖSSEN DER UNFALLEINWIRKUNG:

- Körperrauftreffgeschwindigkeit	delta vc:	40 - 60 km/h
- Körperrauftreffwinkel	Alpha c:	80 - 90 Grad
- Körperbewegungsweite	sc:	8 - 12 m
- Formaggressivität	AF:	Kante
- Materialaggressivität	AM:	sehr hart
- Unfalleinwirksschwere	MCASI:	5,6
- Helmbeschädigungsschwere	HDI:	5

c) Hauptverletzungen:

- Fraktur der Schädelbasis, occipitale Schädelkalottenfraktur, weitere Kopfverletzungen nicht bekannt.
- Frakturen an Rippen und Armen sowie am Bein.
- Mehrere Schürf- und Prellwunden an der Körpervorderseite

Maximale Verletzungsschwere	MAIS:	6
Gesamtverletzungsschwere	ISS:	75

Todesursache: Schädelhirntrauma

s. hierzu Abb. 3.15 und 3.16

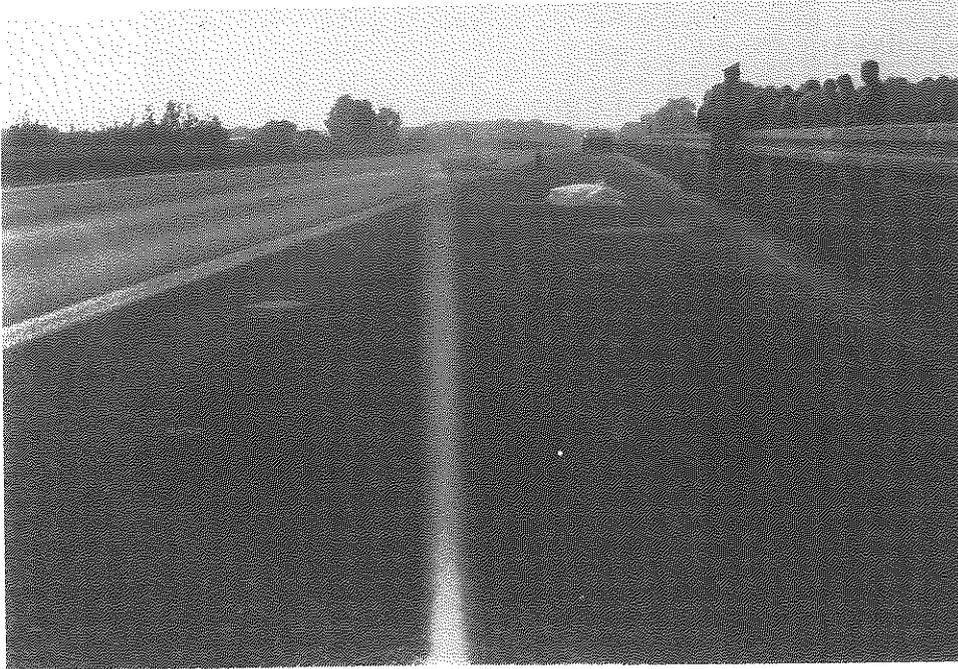


ABB. 3.15 zu Fall Nr. 11:

Obersicht der Unfallstelle

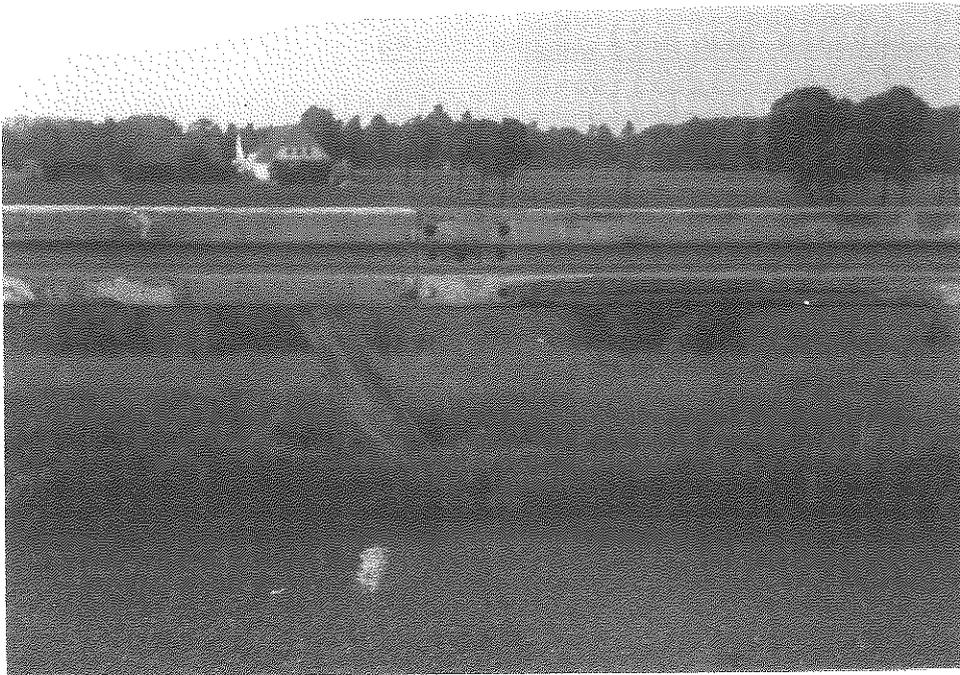


ABB. 3.16 zu Fall Nr. 11:

Pfostendeformation nach tödlichem Körperanprall

a) UNFALLABLAUF: Fall-Nr. 12 (Italien)

36-jähriger Motorradfahrer mit Helm (Krad mit 650 ccm, 37 kW, 208 kg) befuhr bei Sommerwetter die erste von drei aufeinanderfolgenden übersichtlichen Kurven unterhalb des Sellajochs in Italien. Aus unten genannten Gründen wurde das Krad beim Befahren der langgezogenen Linkskurve aus der Kurve getragen und prallte gegen den Anfang einer im Scheitelpunkt der Kurve vorhandenen Schutzplanken-Unterbrechung (Durchlaß). Das nicht abgesenkte, freie Ende des Plankenhelmes wurde durch den Fahrzeuganprall zum Trägerpfosten hin abgewinkelt. Nach Trennung vom Fahrzeug erfolgte der Aufprall des Verunglückten nach einem frontalen Überschlag mit dem helmgeschützten Kopf in einer abrollenden Bewegung auf der Straßenoberfläche (Asphalt). Der ordnungsgemäß getragene Schutzhelm konnte schwerste Schädel-Hirnverletzungen vermeiden, eine schwere Verletzung am linken Oberschenkel des Fahrers wurde jedoch gesetzt infolge der Verhakung an der linken Lenkerhälfte, die hierdurch rechtwinkelig abgebogen wurde.
Grundsätzliche Unfallursache: Nach Aussage des Verunglückten Unaufmerksamkeit bzw. Ablenkung von der Straße.

b) GRÖSSEN DER UNFALLEINWIRKUNG:

- | | | |
|---------------------------------|-----------|---|
| - Körperauftreffgeschwindigkeit | delta vc: | 25 - 45 km/h |
| - Körperauftreffwinkel | Alpha c: | 90 Grad
(Lenker)
30 - 45 Grad
(Straße) |
| - Körperbewegungsweite | sc: | 30 - 55 m |
| - Formaggressivität | AF: | flächige Kante/
Fläche |
| - Materialaggressivität | AM: | grenzhart/
sehr hart |
| - Unfalleinwirkschwere | MCASI: | 4,2 |
| - Helmbeschädigungsschwere | HDI: | 3 |

c) Hauptverletzungen:

- ca. 30 cm lange, tiefe Rißwunde von der Leiste bis zum Knie (linke Seite) ohne Gefäßverletzung; Dauerschaden: Bewegungsbeeinträchtigung des linken Beines.
- Schnittverletzung im Gesicht, keine Gehirnerschütterung

Maximale Verletzungsschwere
Gesamtverletzungsschwere

MAIS: 3
ISS: 10

s. hierzu Abb. 3.17 und 3.18

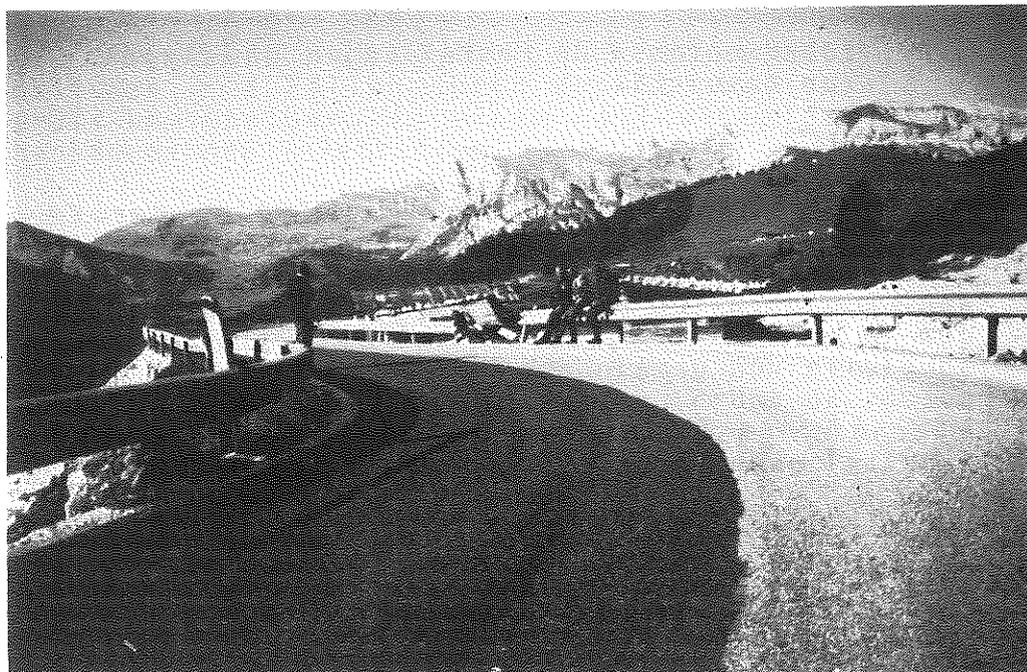


ABB. 3.17 zu Fall Nr. 12:
Übersicht der Unfallstelle

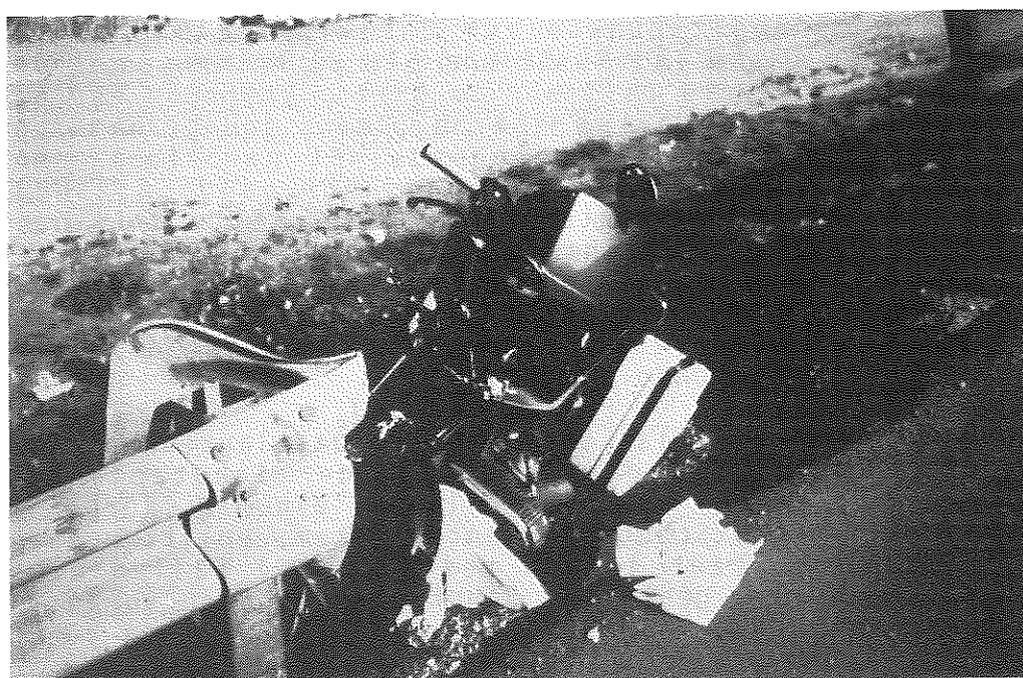


ABB. 3.18 zu Fall Nr. 12:
Deformation des Holmendes durch Motorradanprall

3.2 Zusammenfassende Feststellungen und Aspekte zur Kasuistik

Wie bereits angemerkt, darf den Fällen der Kasuistik keine statistische Aussagekraft beigemessen werden. Es handelt sich um eine Zufallsauswahl von Unfällen mot. Zfz. mit Körperanprall gegen Schutzplanken, deren Auffälligkeiten sowie spezielle und gemeinsame Merkmale - s. auch Liste auf S. 56 und 57 - nachfolgend aufgeführt werden; hier können trotz des Vorbehaltes typische Schutzplanken-Unfallmechanismen aufgezeigt werden.

Unfallursache:

In 11 der 12 Fälle erfolgte der Unfall als Alleinunfall und somit durch Eigenverschulden, zumindest im Sinne einer unterbliebenen schuldhaften Unfallbeteiligung Dritter, ausgenommen auf dem Motorrad mitfahrende Fahrzeugbenutzer; in 2 Fällen ergab die Untersuchung der Unfallursache, daß von einem zumindest unfallbegünstigenden Fehlverhalten der jeweils tödlich verletzten Mitfahrerinnen auszugehen war.

Weitere Anhaltspunkte zur Unfallursächlichkeit sind der Liste (s. S. 56 und 57) zu entnehmen.

Straßenführung:

In 10 Fällen ereigneten sich die Unfälle in Kurven, wobei mindestens in 4 Fällen infolge Fehleinschätzung bzw. unangepaßter Geschwindigkeit das Fahrzeug unbeherrschbar wurde. In den 6 verbleibenden Kurvenunfällen führten andere oder zusätzliche Gründe zum Unfall.

Während in 5 Fällen der erste Schutzplankenkontakt unter spitzwinkliger Anfahrung der Schutzplanke erfolgte, wobei es in 3 Fällen zu einem 2. Körperanprall gegen Schutzplankenteile kam, erlitten die Fahrzeugbenutzer in den restlichen 7 Fällen den Körperanprall gegen die Schutzplanken nach vorausgegangener Trennung vom Motorrad.

Die insgesamt 14 verunglückten Benutzer mot. Zfz. erlitten in 6 Fällen durch den Schutzplankenprall unmittelbar, in einem Fall mittelbar, lebensfordernde Verletzungen.

Die maximale Verletzungsschwere wurde herbeigeführt in:

- 6 Fällen durch einen beilhiebartigen Pfosten-schlag auf den (helmgeschützten) Kopf, davon 4 tödlich, in
- 1 Fall durch einen tödlichen Pfostenanprall im Schulter-Oberarmbereich, in
- 3 Fällen durch einen Holmanprall mit der Körperseite und in
- 3 Fällen durch kombinierte Einwirkung von Pfosten und Holm im Oberkörperbereich, die in 2 Fällen tödlich wirkte.

In 5 der 7 tödlich verlaufenen Schutzplankenpralle wurden demnach die lebensfordernden Verletzungen ausschließlich durch die scharfen Flansch-kanten des I-Profiles der Pfosten verursacht.

Körperanpralle gegen die Holme von Schutzplanken setzen dagegen, sofern es nicht zu einer Planken-unterrutschung kommt, primär keine sehr schweren oder tödlichen Verletzungen. Bei Schutzplanken-überschleuderungen nach primärer Anfahrung ist zunächst die kontaktseitige untere Extremität, insbesondere infolge Quetschung zwischen Krad und Planke, verletzungsgefährdet; die Verletzungen der sekundären Phase sind abhängig vom Aufkommereich des Verunglückten.

FALL-NR.	ALLEIN/PARTNER UNFALL	EIGEN/FREMOVER-SCHULDEN	FEHLEINSCHÄTZUNG FAHRFEHLER TECHN.DEFEKT	MIT-FAHRER VORHANDEN	CHARAKTERISTIK DER UNFALLSTELLE	RELATIV-POSITION ZUM ZFZ	UNFALLEINWIRK-SCHWERE KONTAKT MIT	VERLETZUNGS-SCHWERE MAIS/ISS betr.Körpert.	ANMERKUNG
1 (F)	Allein-unfall	Eigen-versch.	Fahrfehler zu hohe Geschwindigkeit	nein	Kurve (Klothoide)	getrennt	6,2 Holm und Pfosten	5/38 Thorax Helm/Kopf tödlich	Leihfahrzeug
2 (F)	Partner-unfall	Fremd-versch.	-	nein	Kurve	getrennt	6 Holm Pfosten	2/12 Rücken Helm/Kopf	-
3 (F)	Allein-unfall	Eigen-versch.	zu hohe Geschwindigkeit falsches Überholen	nein	gerade Strecke	getrennt	5 Pfosten	4/29 rechter Oberarm tödlich	mangelhafte Rettungskette
4 (F)	primär Allein-unfall	Eigen-versch.	techn. Defekt Bedienfehler (Seitenständer)	nein	Kurve/Straßen-einmündung	getrennt	4,2 Holm	4/41 rechte Körperseite	fragwürdige SP-Aufstellung
5 (F)	Allein-unfall	?	wahrscheinlich techn. Defekt	nein	leichte Kurve	getrennt	5,2 Pfosten	5/38 Helm/Kopf	Gruppenfahrt
6 (F)	Allein-unfall	Eigen-versch.	Fehlleinsch.	ja	Kurve (Klothoide)	primär auf Zfz.	4-5 Holm	4/29 11. Obersch.	fragwürdige SP-Aufstellung
6 (S)	-	wahrscheinlich unfallbegünstigendes Fehlverhalten d. Sozia		-	s.o.	getrennt	5,6 Pfosten Holm	6/75 Thorax tödlich	s.o.

FALL-NR.	ALLEIN/PARTNER UNFALL	EIGEN/FREMDVER-SCHULDEN	FEHLEINSCHÄTZUNG FAHRFEHLER TECHN., DEFEKT	MIT-FAHRER VOR-HANDEN	CHARAKTERISTIK DER UNFALL-STELLE	RELATIV-POSITION ZUM ZFZ	UNFALLEINWIRK-SCHWERE KONTAKT MIT	VERLETZUNGS-SCHWERE MAIS/ISS betr. Körpert.	ANMERKUNG
7 (F)	Allein-unfall	Eigen-versch.	Fehleinsch.	nein	Kurve	getrennt	4 Pfosten/Holm	4/41 Thorax	-
8 (F)	Allein-unfall	Eigen-versch.	Fehleinsch. Fahrfehler	ja	Kurve	-	5,6 Straße	1/3 Hände, Rücken, Beine	kein SP-Kontakt
8 (S)	-	möglicherweise unfallbegünstigendes Fehlverhalten der Sozia		-	s.o.	getrennt	4,2 Pfosten	6/75 Helm/Kopf tödlich	mangelhafte HeImkonstruk.
9 (F)	Allein-unfall	Eigen-versch.	ungeklärt	nein	Kurve	primär auf Zfz.	ungewiß Holm Überschleud.	6/75 Polytrauma tödlich	Verletzungen durch SP-An-fahrung ungewiß, Gruppenf.
10 (F)	Allein-unfall	Eigen-versch.	Fehleinsch. wahrscheinl. i. Verb. mit techn. Defekt *	nein	Kurve	primär auf Zfz. sekundär getrennt	4,4 Pfosten und Holm	6/75 Helm/Kopf Wirbelsäule tödlich	*) Ausfall d. Fahrlichtes
11 (F)	Allein-unfall	Eigen-versch.	mögliche Überforderung durch Visierbetätigung	nein	Gerade (BAB)	primär auf Zfz. sekundär getrennt	5,6 Pfosten Holm	6/75 Helm/Kopf tödlich	Schulungs-fahrt FE I "Visierproblem"
12 (F)	Allein-unfall	Eigen-versch.	Fahrfehler infolge Ab-lenkung	nein	Kurve	primär auf Zfz.	4,2 Lenker	3/10 li. Bein	kein direkter SP-Kontakt Gruppenfahrt

Bei quasi tangentialen Anfahrungen von Schutzplanken sprechen die bisherigen Untersuchungsergebnisse dafür, daß eine anfahrungsbedingte Körperverhakung und/oder eine plötzliche Kradverzögerung durch Schutzplankenpfosten eine Abschleuderung der Fahrzeugbenutzer in Richtung der angefahrenen Schutzplanke herbeiführt, die dann wiederum einen Pfostenanprall des Verunglückten als wahrscheinliche Folge nach sich zieht.

Bei den 12 Unfalluntersuchungen lagen die Werte der Unfalleinwirksschwere zwischen MCASI-Werten 4 und 6,2 (möglicher Maximalwert 12). Eine derartige mittlere Unfalleinwirksschwere führt in der Regel nicht zu äußerst schweren oder tödlichen Verletzungen. Die örtlich konzentrierte und profilierte Einwirkung von Schutzplankenpfosten bewirkt hier jedoch unverhältnismäßig schwere Verletzungen - häufig des Kopfes -, die überwiegend zumindest irreversible Körperschäden oder einen tödlichen Ausgang nach sich ziehen.

Getragene Schutzhelme können zwar auch bei Anprallereignissen des Kopfes gegen Schutzplanken bzw. deren Pfosten die Schwere von Kopfverletzungen mindern, ihr Wirkungsbereich ist jedoch bei hohen Anprallgeschwindigkeiten überschritten. Darüberhinaus kann es gerade hierbei zu einer Überlastung der Halswirbelsäule bzw. des Kopftrageapparates kommen infolge über den Kopf eingeleiteter Normal-, Biege- und Scherkräfte.

Ein Beispiel exzessiver Pfostendeformation durch Anprall des behelmten Kopfes nach Sturz infolge Fahrinstabilität ("pendelndes" Krad) zeigt Abb. 3.19 [Bayer, 1983 (2)]. Die Körperanprallgeschwindigkeit lag in diesem Fall bei etwa 100 km/h. Ein lebenserhaltender Schutz durch den getragenen Helm war bei dieser Pfosten-Körperkollision nicht zu erwarten - der Verunglückte erlag seinen Verletzungen an der Unfallstelle.



ABB. 3.19:

Exzessive Pfostendeformation durch Kopfanprall mit
Helm

Verdeutlicht wird die für ein und dieselbe Motorradbesatzung unterschiedliche Gefährlichkeit von Schutzplankenunfällen durch die Fälle Nr. 6 und Nr. 8 der Kasuistik: Während die Fahrerin bzw. der Fahrer jeweils zumindest nicht sehr schwer (Streifkontakt) bzw. infolge unterbliebenen Schutzplankenkontaktes nur geringfügig verletzt wurde, erlitten die jeweils mitfahrenden Sozias durch einen Pfostenanprall sofort lebensfordernde Verletzungen.

Die verletzungsmindernde Wirkung von Schutzhelmen verdeutlicht der Fall Nr. 5 (Abb. 3.7). Hier besteht kein Zweifel an der lebenserhaltenden Schutzwirkung des getragenen Helmes.

Beim Körperanprall verunglückter Benutzer mot. Zfz. gegen Schutzplanken liegt das Grundproblem darin, die vorhandene Auftreffenergie des menschlichen Körpers oder eines Körperteiles durch ein modifiziertes Schutzplankensystem so aufzunehmen, bzw. in diesem in plastische Verformungsarbeit umzuwandeln, daß das Verletzungsrisiko gleich oder kleiner als bei nicht vorhandenem Schutzplankensystem wird. Maßnahmen in dieser Richtung müssen die Schutzfunktion bezüglich aller anderen Fahrzeugarten berücksichtigen.

Ein hohes Verletzungspotential haben die vertikal zur Fahrtrichtung vorhandenen material- und formaggressiven I-Profil-Stahlpfosten mit ihren großen Biege widerstandsmomenten um die beiden horizontalen Hauptachsen und den schneideartig wirkenden Flansch kanten.

Hier verkehrt sich die Schutzwirkung von Schutzplanken zu einer gefährlichen, profilierten Einwirkung auf den menschlichen Körper. Ein wesentlicher Ansatzpunkt der Verbesserung bestehender und zukünftiger Schutzplanken muß daher der I-Profil-Stahlpfosten (Holmträger) sein (s. Kap. 4.3.1).

Es ist davon auszugehen, daß je nach betroffenem Körperteil ein Pfostenanprall im ungünstigsten Fall bereits bei Körperauftreffgeschwindigkeiten von etwa 20 km/h lebensfordernde Verletzungen bewirken kann.

Konstruktive Maßnahmen, wie der Schutz vor Pfosten durch schürzenartige Zusatzplanken oder durch anpralldämpfende Ummantelung der Pfosten zur Verminderung deren Form- und Materialaggressivität, können bei gleicher Position und Geschwindigkeit des Körperanpralles von verunglückten Benutzern mot. Zfz. das bisherige Verletzungsrisiko nach Art und Schwere der Verletzungen erheblich vermindern und somit eine weitaus geringere Unfall- folgeschwere an Leib und Leben der Betroffenen bewirken.

4. Verbesserungsmöglichkeiten an Schutzplankensystemen bezüglich passiven Unfallschutzes von Benutzern motorisierter Zweiradfahrzeuge

Wesentliches Ziel des Berichtes ist es, neben der Darlegung des Standes der Technik und der exemplarischen Untersuchung von Unfällen mit Schutzplankenprall Verbesserungsmöglichkeiten an Schutzplankensystemen bezüglich passiver Unfallsicherheit von Benutzern mot. Zfz. aufzuzeigen.

4.1 Praxis der Anwendung

Aussagen zur Praxis der Anwendung erfolgen überwiegend auf der Grundlage einer Sichtung verschiedener Streckenführungen im Rhein-Neckar-Kreis, im Odenwald und im Rhein-Main-Gebiet im Zeitraum November 1982 bis August 1983. Die Auswahl dieser Strecken erfolgte ungewichtet und betraf alle Straßenkategorien. Die Feststellungen sollten nicht verallgemeinert werden, da eine statistische Aussage über Schwere und Häufigkeit der Mängel wegen des begrenzten Erhebungsumfanges unzulässig ist [Bürger, 1983 (5)].

Die einzelnen Standard-Bestandteile des Schutzplankensystemes sind durch den heutigen Konstruktions- und Fertigungsstand vorgegeben, s. Kap. 2.

Die Ermittlung der "aktuellen Situation" befaßt sich an dieser Stelle mit der im Einzelfall zu beantwortenden Frage nach der Erforderlichkeit von Schutzplanken an bestimmten Streckenbereichen sowie der Art der Anbringung und Instandsetzung von Schutzplanken. Hinzu kommt die Beurteilung von Sonderbaubereichen, wie z.B. an und auf Brücken.

Die nachfolgende Dokumentation gibt exemplarisch einen Überblick des Ist-Standes.

Situation 1: Schutzplankenabschnitte vor Einzelhindernissen

Wegen zu geringer Schutzplankenlänge können Zugkräfte in den Holmen nicht im erforderlichen Maße aufgenommen werden. Gegenüber Anprallen von Pkw und Nkw ist daher keine ausreichende Wirkung gewährleistet. Dieser Sachverhalt kommt insbesondere dann zum Tragen, wenn bei zu kurzen Schutzplankenabschnitten (weniger als 28 m) die Anrampungen nicht - wie Abb. 4.1 zeigt - oder unsachgemäß vorhanden sind, was nicht den Richtlinien [1972 (18)] entspricht. Fraglich ist auch, ob in der vorliegenden Situation eine Schutzplankenbringung im Sinne der Richtlinie [1972 (18), (A 1, 2. Absatz)] erforderlich ist.

Wie man erkennt, sind einige Lichtmasten durch Schutzplanken "abgesichert", ein massiver Hinweisschildträger blieb jedoch ohne Plankenabsicherung. Faßt man die Situation zusammen, so liegt hier bei äußerst fragwürdiger Schutzwirkung gegenüber Pkw und Nkw ein deutlich erhöhtes Verletzungsrisiko für Benutzer mot. Zfz. vor. Dieses wäre vermeidbar durch Verzicht auf Schutzplanken an dieser Örtlichkeit.

Situation 2: Schutzplankendurchlaß

Hier befindet sich eine Durchlaßstelle mit abgerundeten Holmen im Schutzplankenverlauf - Abb. 4.2 und 4.3. Zeigt hierbei das gegen die Fahrtrichtung vorhandene Holmenende einen Versatz zur Straße hin, so besteht die vermeidbare Gefahr eines Anpralles, wobei ein bereits vor der Durchlaßstelle tangential gegen die Schutzplanke geratener Motorradfahrer an den Holmen zu dieser gefährlichen Sekundäranprallstelle geleitet wird.

Eine andere Durchlaßstelle an Schutzplanken zeigt Abb. 4.4 auf der erkennbar wird, daß die auslaufenden Holmenden eine profilierte, ja schneidenartige Einwirkstelle bilden.



ABB. 4.1:

Situation 1

Schutzplankenabschnitte vor Einzelhindernissen



ABB. 4.2:

Situation 2
Schutzplankendurchlag

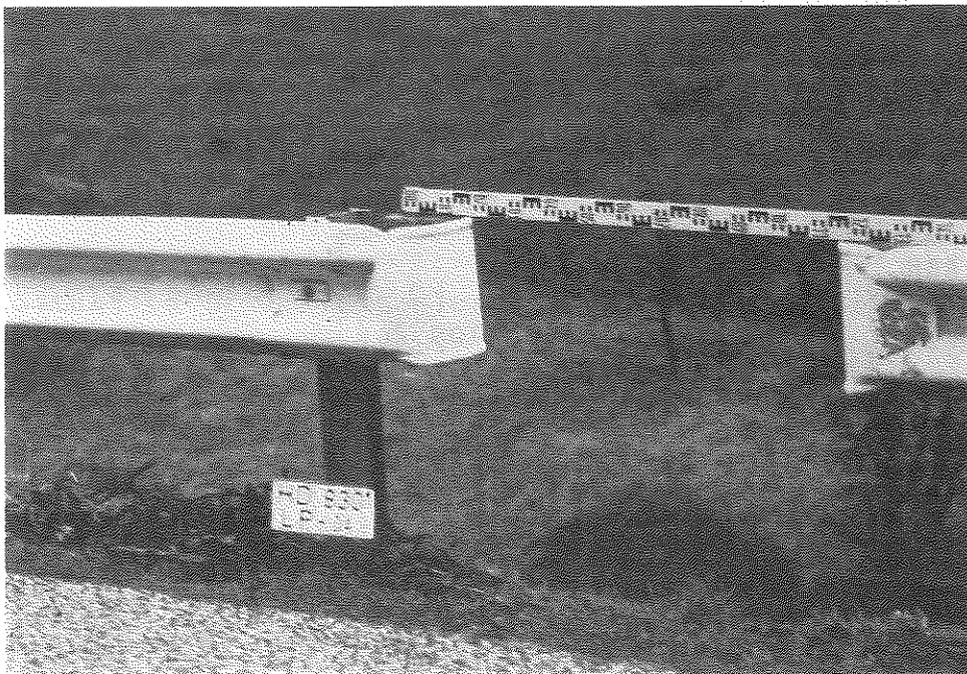


ABB. 4.3:

Situation 2
Schutzplankendurchlag

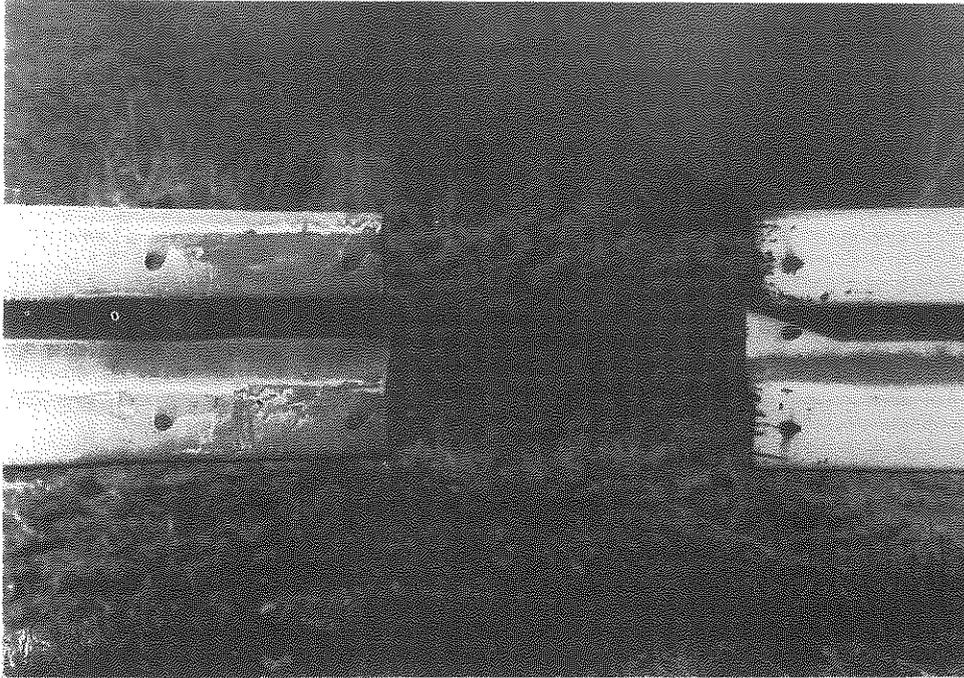


ABB. 4.4:

Situation 2

Schutzplankendurchlaß (Fehlstelle)

Situation 3: Kollisionshindernis vor Schutzplanke

Lichtmasten, Verkehrszeichenständer und ähnliches, die vor Schutzplanken aufgestellt sind, werden ebenfalls dadurch noch gefährlicher, daß die Hinleitung eines verunglückten Motorradfahrers die Anprallwahrscheinlichkeit gegen dieses Hindernis erhöht - s. Abb. 4.5. Der auf dem Lichtbild ebenfalls erkennbare Handlauf für Fußgänger erscheint bezüglich eines Anpralles von Benutzern mot. Zfz. noch verbesserungsbedürftig, etwa durch Einbau von entsprechend konstruierten Sollbruchstellen.

Situation 4: Schutzplankenumbauung eines Schaltkastens

Die direkte Umbauung von Schaltkästen, Hinweisschildern u.ä. mit Schutzplanken - s. Abb. 4.6 - bietet keinen erkennbaren Vorteil gegenüber Anfahrungen durch Pkw und Nkw. Demgegenüber ist eine erhebliche Verschärfung der Anprallsituation für Motorradfahrer gegeben durch Anbringung zahlreicher, einzelner, scharfkantiger Anprallbereiche, insbesondere der Pfosten.

Anmerkung:

Im Zuge straßenbaulicher Maßnahmen wurde diese Schutzplankenumbauung zwischenzeitlich geändert.

Situation 5: Pfostenlose Schutzplanke an Betonsockel

Gezeigt ist in Abb. 4.7 die Anbringung von Schutzplanken auf einer älteren Bundesautobahnbrücke. Auf die direkte Anbringung der Planken an den seitlichen Brückensockeln wäre verzichtbar zugunsten einer Lösung gemäß Kap. 4.4.2. Vorteilhaft dürfte sich die hier bereits vorgenommene Einsparung der konventionellen I-Profil-Pfosten auf das Verletzungsrisiko für stürzende Motorradfahrer auswirken.



ABB. 4.5:

Situation 3

Kollisionshindernis vor Schutzplanke

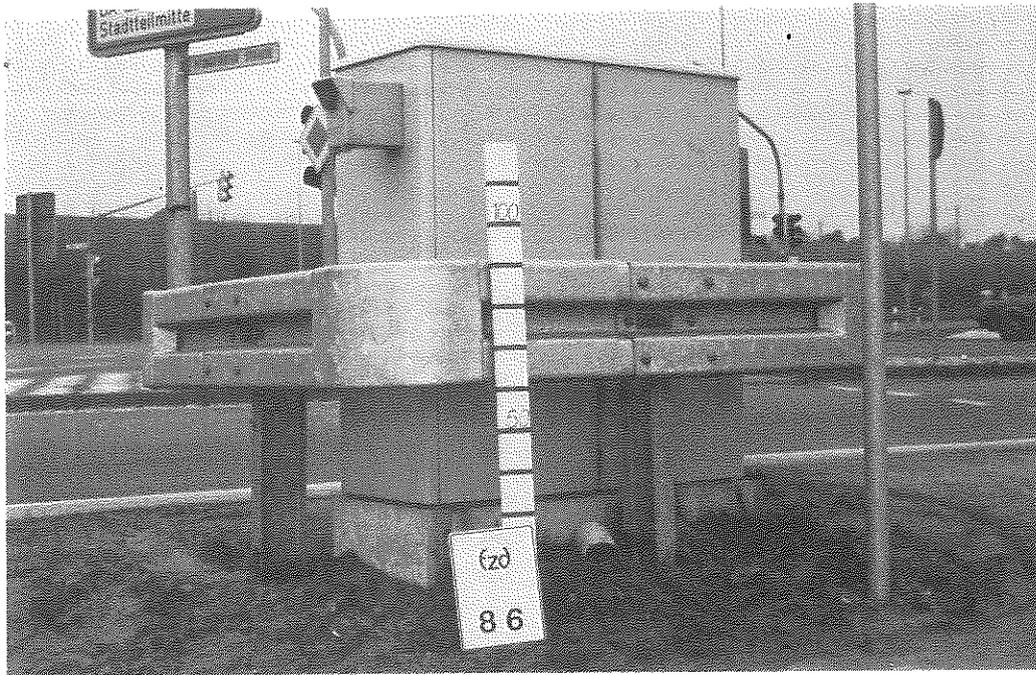


ABB. 4.6:

Situation 4

Schutzplankenumbauung eines Schaltkastens

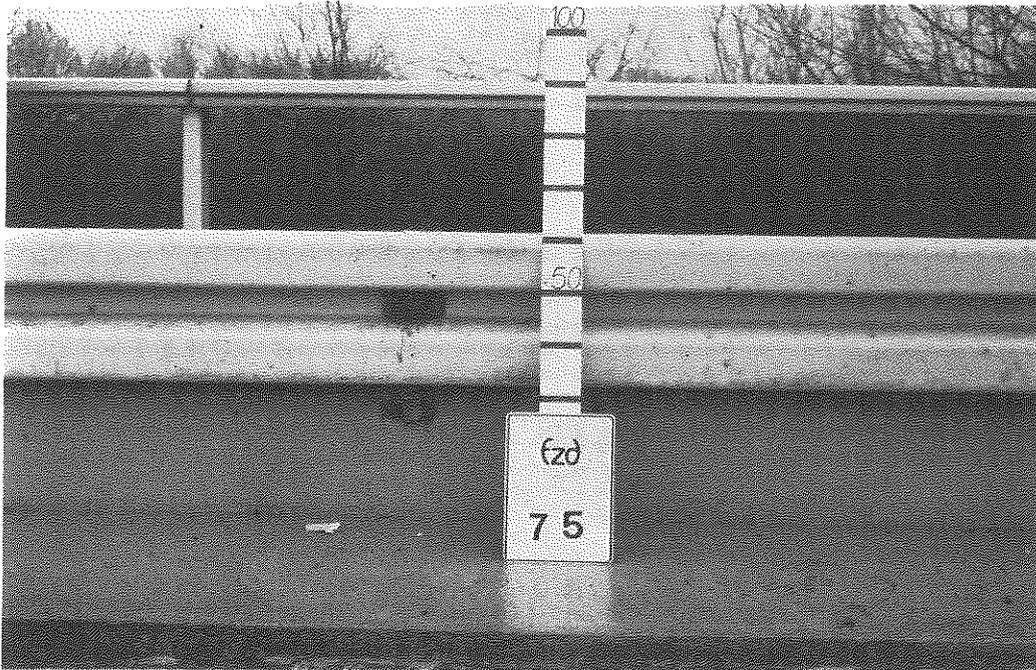


ABB. 4.7:

Situation 5

Pfostenlose Schutzplanke auf einer BAB-Brücke an
Betonsockel

Situation 6: Schutzplanke mit zu geringer
lichter Bodenweite

Zu niedrige Holmoberkante (erhöhte Gefahr der Überschleuderung) und zwangsläufig zu niedrige Holmunterkante (Gefahr des Hängenbleibens bei Unterrutschung) erhöhen ebenfalls das Verletzungsrisiko - s. Abb. 4.8. Aber auch bei vorschriftsmäßiger Montage der Schutzplanken kann es zur Überschleuderung oder Unterrutschung mit der Gefahr des Hängenbleibens oder einer Verhakung an der Holmunterkante bzw. den Pfosten kommen.

Situation 7: Schutzplanke vor Brückenpfeiler

Die abgebildete Anbringung von Schutzplanken zum Schutz von Brückenpfeilern - Abb. 4.9 - könnte in ihrer Wirksamkeit hinsichtlich des passiven Unfallschutzes für Benutzer mot. Zfz. erhöht werden durch die Alternativlösung einer direkten Pfeilerummantelung in entsprechender Form- und Steifigkeitsauslegung.

Situation 8: Schutzplanke mit übereinander
montierten Holmen

Die Montage von zwei übereinanderliegenden Holmen stellt als vergleichsweise teure Lösung eine Entschärfungsmöglichkeit kritischer Leitplankenstellen, insbesondere durch Pfostenabdeckung, dar - s. Abb. 4.10. Im vorliegenden Fall besteht jedoch wegen eines zu geringen lichten Bodenabstandes von 30 cm immer noch die Gefahr von Unterrutschung und Einklemmung. Eine Verbesserung solcher Doppelplankensysteme wird in Kap. 4.3.2 vorgestellt.

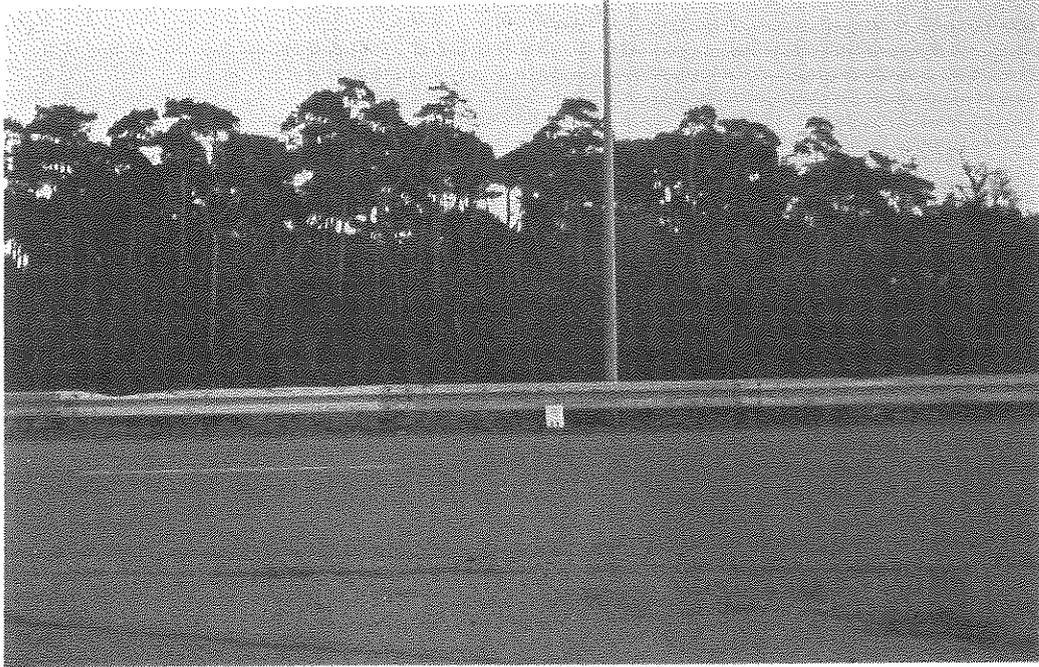


ABB. 4.8:

Situation 6

Schutzplanke mit zu geringer lichter Bodenweite

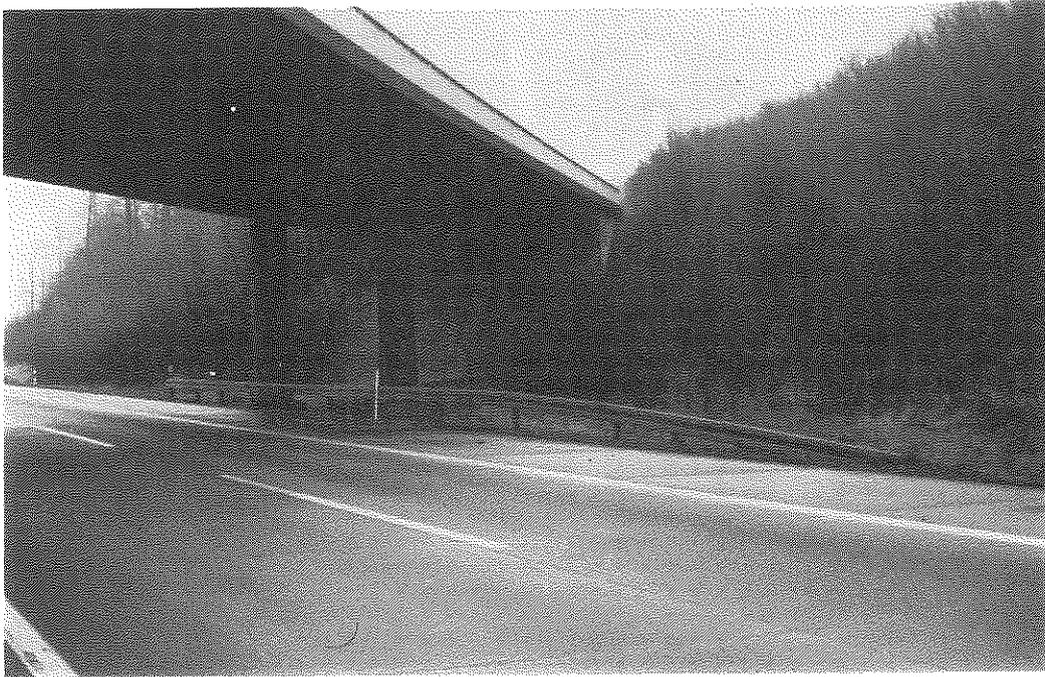


ABB. 4.9:

Situation 7

Schutzplanke vor Brückenpfeiler

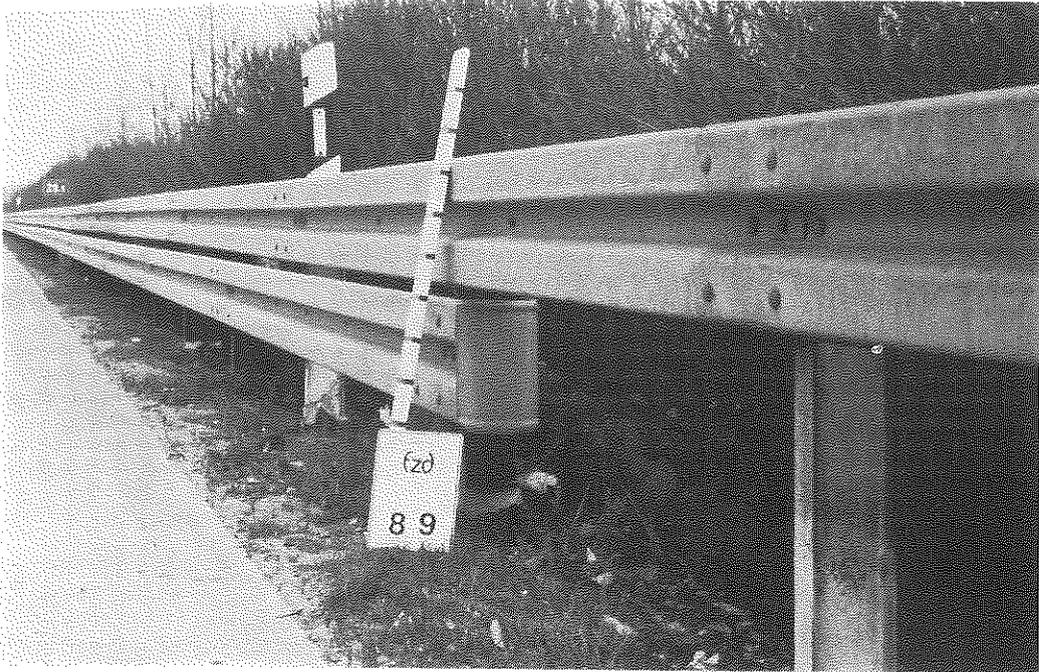


ABB. 4.10:

Situation 8

Schutzplanke mit übereinander montierten Holmen

Situation 9: Doppelte Distanzschutzplanke nach
Pkw-Anfahung

Abgebildet ist eine DDSP nach der Anfahung durch einen Pkw - s. Abb. 4.11. Die Abbildung verdeutlicht die abweisende und leitende Schutzfunktion der Planke für Zweispurfahrzeuge, aber zugleich die für Zweiradfahrer gefährliche Formaggressivität der Stahlteile.



ABB. 4.11:

Situation 9

Doppelte Distanzschutzplanke nach Pkw-Anfahung

4.2 Erforderlichkeit von Schutzplankensystemen

Die einfachste Problemlösung unter dem Aspekt des passiven Unfallschutzes für Benutzer mot. Zfz. kann je nach örtlicher Gegebenheit darin bestehen, vorhandene Schutzplanken zu entfernen [Pachernegg, 1983 (15)] oder Schutzplanken an neuen Streckenabschnitten einzusparen, wenn sichergestellt ist, daß hierdurch Gefahren für oder durch Pkw nicht vergrößert werden. Als Beispiele hierfür wären die Fälle Nr. 4 und 8 der Kasuistik - Kap. 3 - zu diskutieren.

In den bisherigen Richtlinien [Richtlinien, 1972 (18); Merkblatt, 1974 (12)] und dem dazugehörigen Vorwort - z. Zt. erfolgt eine Überarbeitung dieser Richtlinien erstmals unter Berücksichtigung der Benutzer mot. Zfz. [Verkehrssicherheit, 1982 (24)] - ist dargelegt, wann Schutzplanken zu verwenden sind; dennoch bleibt hier ein Ermessensspielraum. Es heißt in den Richtlinien, 1972 (18) unter anderem:

"...Häufig haben Bäume an bestehenden Straßen einen geringeren Abstand als 4,5 m. In diesen Fällen ist besonders sorgfältig unter Berücksichtigung wichtiger Faktoren, wie z.B. Fahrgeschwindigkeit, Unfallgeschehen, Straßengestaltung und Landschaftsgestaltung abzuwägen, ob Schutzplanken zweckmäßig sind. Dies gilt insbesondere für einzelstehende, erhaltenswerte Bäume..."

und an anderer Stelle:

"...Bei bestehenden Straßen sind infolge der Straßengestaltung und örtlichen Verhältnisse oftmals die Voraussetzungen nicht gegeben, die in den Richtlinien genannten Maßnahmen vorzusehen. Gegebenenfalls sind auch Schutzplanken aufgestellt, die den neuen Richtlinien nicht entsprechen. Eine Umrüstung solcher Strecken kommt im allgemeinen nur bei erheblichen Abweichungen von den neuen Regelungen in Betracht, wenn die örtliche Unfallsituation eine solche erforderlich macht. Umrüstungen größeren Ausmaßes können im Zusammenhang mit Um- und Ausbaumaßnahmen

durchgeführt werden. Soweit Schutzplanken an Stellen stehen, wo sie nach diesen Richtlinien nicht erforderlich sind, ist zu prüfen, ob ihre Entfernung geboten ist..."

Wie diese Richtlinien in der Praxis gehandhabt werden, und ob eine buchstabengetreue Auslegung immer sinnvoll ist, wurde in Kap. 4.1 bereits exemplarisch aufgezeigt. Eine wesentliche Frage bei der Aufstellung von Schutzplanken ist die, ob ein Hindernis als umfahrbar gilt oder nicht.

Es sei an dieser Stelle noch darauf hingewiesen, daß die Industrie inzwischen Sicherheitsmasten für Straßenleuchten entwickelt hat, die bei einem Kfz-Anprall im Sinne einer stetigen Energieumwandlung nachgeben und Schutzplanken an dieser Stelle überflüssig machen [Der ESV-Mast, 1977 (8)]. Ebenso ließen sich Notrufsäulen, die wegen ihrer massiven Bauweise im allgemeinen durch Schutzplanken gesichert werden, durch konstruktive Festlegung einer Soll-Bruchstelle so gestalten, daß eine Schutzplanke nicht mehr erforderlich wäre. In diesen Fällen ist die Kollisionswahrscheinlichkeit durch einen Motorradfahrer an sich so gering, daß hier die Einsparung von Schutzplanken einen Sicherheitsgewinn darstellen würde, da vorschriftsmäßig angebrachte Schutzplanken vor allem durch die Anzahl der bei geforderter Mindestlänge (28 m) notwendigen Trägerpfosten die Anprallwahrscheinlichkeit und damit das Verletzungsrisiko erhöhen.

Inwieweit Motorradfahrer bei Unfällen in Bereichen ohne Schutzplankensicherung möglicherweise doch mit anderen Objekten kollidieren und sich hierbei Verletzungen zuziehen, wäre abzuschätzen, z.B. aus dem Verhältnis erforderlicher Schutzplankenpfosten zu potentiellen Kollisionshindernissen pro Streckenabschnitt, wobei außerdem die Gefährlichkeit der Holme zu berücksichtigen ist.

Zur Verdeutlichung:

An einem Streckenabschnitt mit beidseitiger Aufstellung von einfachen Schutzplanken (Pfostenabstand 4 m) sind 500, bei einer Ausrüstung mit einfachen Distanzschutzplanken (Pfostenabstand 2 m) 1000 potentielle Kollisionshindernisse pro laufen-

dem Kilometer zum möglichen Nachteil von Benutzern mot. Zfz. vorhanden.

Die Tatsache, daß aber immer wieder Holm- und vor allem Pfostenkollisionen an Schutzplanken zu schwersten, oft tödlichen Verletzungen führen, rechtfertigt es, die Anbringung von Schutzplanken in Zukunft einer kritischen Prüfung zu unterziehen.

4.3 Möglichkeiten der Entschärfung bestehender Schutzplanken

Möglichkeiten, vorhandene Schutzplankensysteme zu verbessern, bestehen entweder in einer "Pfostenentschärfung" oder einer derartigen Umgestaltung, daß ein Pfosten- oder Holmunterkanten-Anprall vermieden wird durch Anbringung eines zweiten, erheblich schwächer dimensionierten, unteren Holmes.

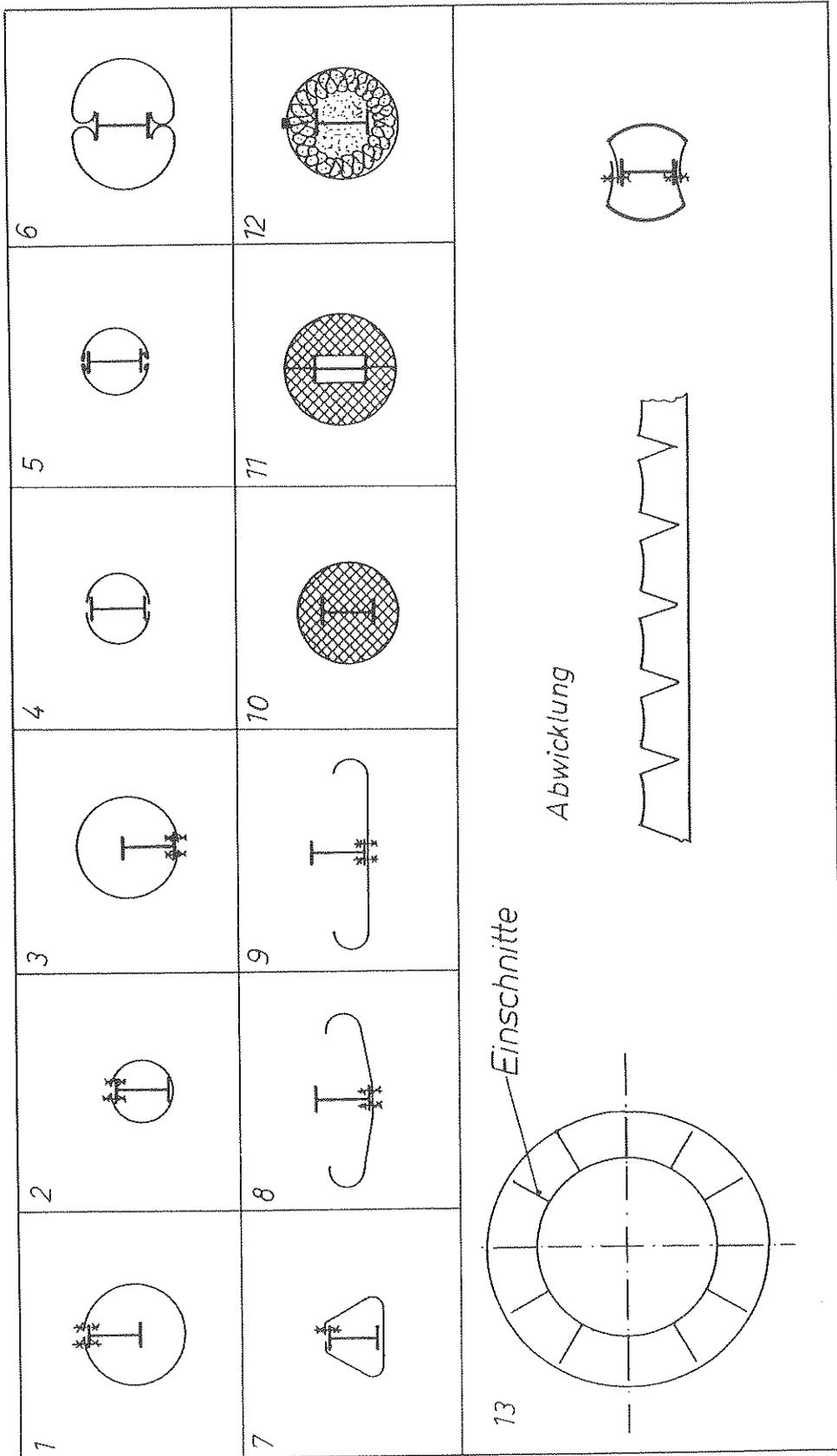
In beiden Fällen ist zwischen einer Nachrüstung bestehender Systeme und einer Neukonstruktion zur Erstausrüstung zu differenzieren. Zunächst wird die nachträgliche Ausrüstung näher beschrieben.

4.3.1 Pfostenänderungen

Möglichkeiten zur Entschärfung der scharfkantigen I-Profil-Trägerpfosten (IPE 100) bestehen in verschiedenen Formen einer Pfostenummantelung mit Stahl- oder Kunststoffteilen. Lösungsvorschläge sind in der Abb. 4.12a dargestellt. Im folgenden werden speziell die hinsichtlich einer Verwirklichung realistischen Varianten diskutiert. Die Darstellungen geben den Querschnitt der verschiedenen Pfostenummantelungsarten wieder; die Fahrbahn liegt jeweils parallel zur Bildunterkante.

Die aufgezeigten Lösungen 1 bis 9 betreffen Blechummantelungen oder Schutzschilde an den Pfosten in Schraub- oder Klebverbindung. Wegen des hierfür nötigen Fertigungsaufwandes werden diese Ausführungstypen hier nicht in die engere Wahl gezogen.

Die Lösungen 10 bis 12 zeigen Basisvarianten in Kunststoffausführung.



Quelle: [16]

ABB. 4.12a:

Grundsätzliche Lösungsvorschläge zur Pfostenentschärfung

Lösungsvorschlag 10 besteht in einer "vor Ort"-Umschäumung, zu deren Herstellung eine Demontage der Bepankung nicht erfolgen braucht. Materialkosten und Arbeitsablauf sowie Arbeitsaufwand wären bei dieser Lösung jedoch relativ hoch, umständlich und zeitintensiv.

Lösungsvorschläge ausführbarer Pralldämpferkonstruktionen der Basisvariante 11 werden weiter unten vorgestellt.

Bei Lösungsvorschlag 12 dürfte die mäanderförmige Kunststoffeinlage in Verbindung mit einer Sandfüllung sowie einem abgestimmten, unbefüllten "Totraum" eine gute Anpralldämpfung ergeben.

Lösung 13 beinhaltet eine preiswerte Möglichkeit eines Anprallschutzes durch Verwendung gebrauchter Pkw-Reifen bei spezieller Präparation: Radiale Einschnitte in die Reifenflanke von innen nach außen sowie die völlige Durchtrennung an einer Stelle ergeben ein abgewickeltes Schutzprofil, daß in erforderlicher Länge zur Verfügung stünde und beidseits der Flanschenden vom I-Profil-Trägern angebracht werden könnte. Eine ebenfalls nur provisorische Polsterung der Stahlpfosten mit Strohbällen im Bereich besonders gefährlicher Streckenabschnitte - nach dem Vorbild von Rennveranstaltungen - scheidet aus Gründen der raschen Verwitterung und der leichten Entfernbarkeit wohl gänzlich aus.

Basisvariante 11: Lösungsvorschläge zur
Fertigung

- Vorgaben:
- Materialpreis pro Anpralldämpfer je nach Ausführung und Stückzahl DM 10,00 bis max. DM 20,00
 - Zeitaufwand pro Pfostenummantelung je nach Ausführung 0,1 bis 0,2 Mann-Stunden
 - einfache Montage ohne aufwendige Hilfsmittel oder Werkzeuge.

Grundidee zu dieser Basisvariante ist die Verwendung vorgefertigter Profilstränge, die vor Ort in erforderlicher Länge abgeschnitten und am Pfosten zusammengefügt werden. Als Werkstoff wurde expandierter Polystyrol-Hartschaum (EPS-Styropor) mit einem Raumgewicht von 15 bis 25 g pro Liter ausgewählt, der aus Kostengründen einem expandierten Polyurethan-Hartschaum vorzuziehen war. Zur endgültigen Festlegung der Raumdichte sind weitere Versuche durchzuführen.

Wesentliches Bestandteil der Gesamtkonstruktion dieses Anpralldämpfers ist die Umhüllung des EPS-Deformationskörpers mit einer hochreißfesten, witterungsbeständigen Kunststoff-Folie.

Aus der Vielzahl der Möglichkeiten seien hier folgende Hauptmerkmale der morphologischen Konstruktionsmatrix genannt:

Zu "Gestalt":

- Querschnitt quadratisch mit stark gerundeten Kanten (Kreisform wegen nicht optimaler Werkstoffausnutzung verworfen).
 - punktsymmetrisch
 - achsensymmetrisch
 - asymmetrisch (verworfen)

Zu "Fügen und Befestigen":

- Formschluß durch
 - elastisch wirkende Hinterschnitte der Um-mantelungshalbschalen
 - Einfügen separater Formschlußteile
- Kraftschluß durch Kleben
- Kombination beider Verbindungsmöglichkeiten

Größe, Form und Teilungskontur des Querschnittes wurden ausgewählt unter den Aspekten

- größtmöglicher Anprallschutz unter Berücksichtigung der wahrscheinlichen Anprallposition
- möglichst geringes Werkstoffvolumen und
- universelle Verwendbarkeit der Pralldämpferkonstruktion an allen Schutzplankentypen mit I-Profil-Träger- und Sigma-Pfosten

Die Maße der Außenkontur des Querschnittes betragen:

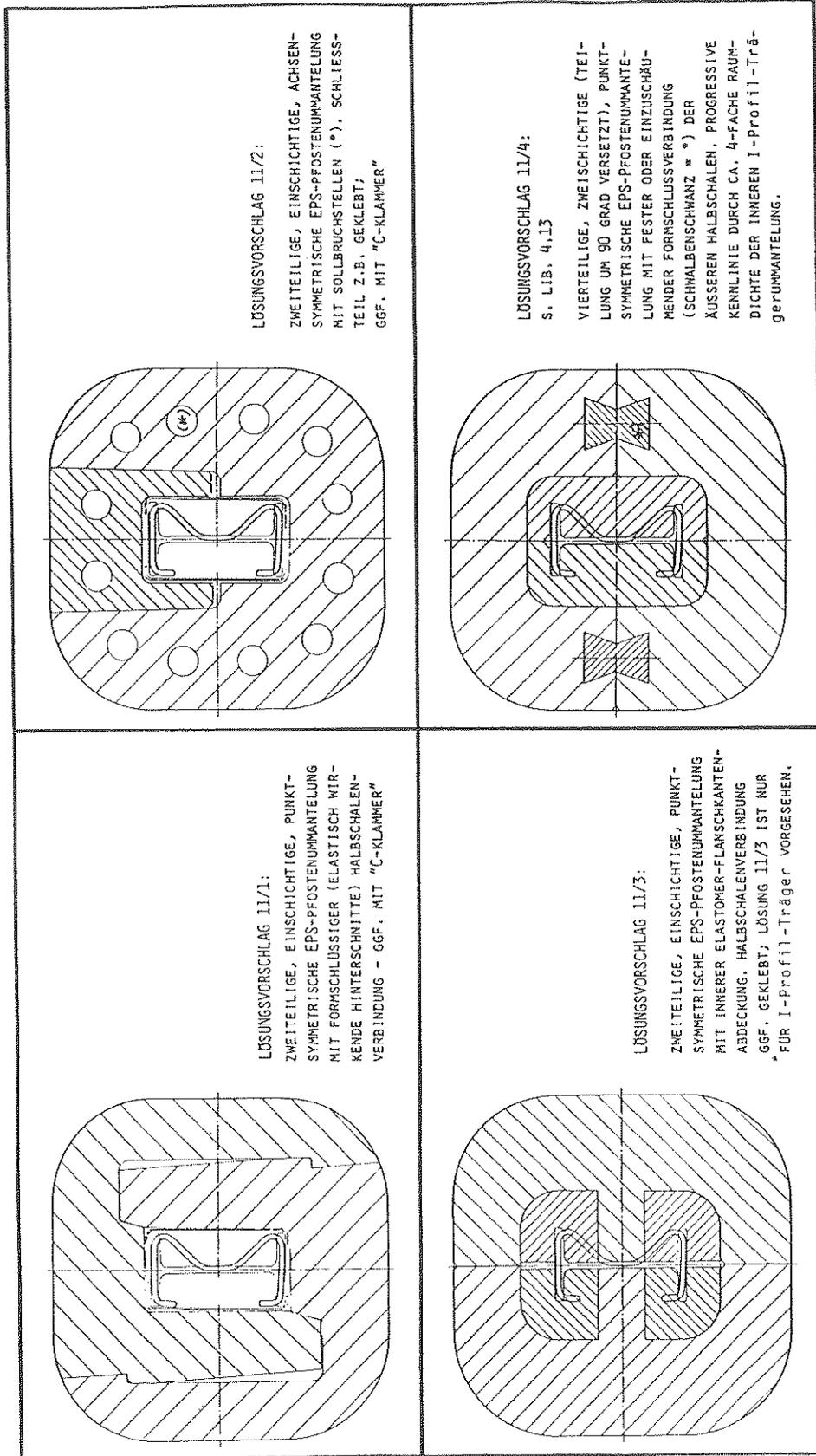
- Seitenlänge des umschriebenen Quadrates
 $a = 260 \text{ mm}$
- Kantenradius
 $r = 80 \text{ mm}$

Die Anordnung der Ummantelung am Pfosten erfolgt so, daß die Längsachse des Pfostens übereinstimmt mit der Längsachse des Pralldämpfers.

Bei der Festlegung der Querschnittshauptmaße wurde gefordert, daß der Anpralldämpfer nicht über die Außenkontur der Beplankung hervorsteht, s. Abb. 4.13: Muster der ausgeführten Konstruktion am Pfosten.

Um eine gezielte Deformationskennlinie zu erreichen, wurden achsparallele Hohlräume zur Vorgabe von Sollbruchstellen vorgesehen, deren Wirksamkeit ebenfalls durch weitere experimentelle Untersuchungen noch zu optimieren wäre.

Eine weitere Möglichkeit zur Erzeugung einer optimalen Deformationscharakteristik bietet eine auf der gesamten Länge der Pfostenummantelung aufgesetzte, direkte innere Pfostenabdeckung aus 1-2 mm starkem Kunststoff (PA, PC o.ä.) mit C-förmigem Querschnitt. An der offenen Seite ihres Querschnittes umklammert sie den Pfosten nur soweit, daß sie sich bei einer Eindrückung der eigentlichen EPS-Pfostenummantelung unter Herausziehen der Klammerkante einbauchend deformieren kann. Diese "C-Klammer" könnte auch als weiteres Formschlüsselement der Pfostenummantelung eingesetzt werden.



LÖSUNGSVORSCHLAG 11/2:
ZWEITEILIGE, EINSCHICHTIGE, ACHSEN-
SYMMETRISCHE EPS-PFOSTENUMMANTELUNG
MIT SOLLBRUCHSTELLEN (*), SCHLIESS-
TEIL Z.B. GEKLEBT;
GGF. MIT "C-KLAMMER"

LÖSUNGSVORSCHLAG 11/4:
S. LIB. 4,13
VIERTHEILIGE, ZWEISCHICHTIGE (TEI-
LUNG UM 90 GRAD VERSETZT), PUNKT-
SYMMETRISCHE EPS-PFOSTENUMMANTE-
LUNG MIT FESTER ODER EINZUSCHÜ-
MENDER FORNSCHLUSSEVERBINDUNG
(SCHWALBENSCHWANZ * *) DER
ÄUSSEREN HALBSCHALEN, PROGRESSIVE
KENNLINIE DURCH CA. 4-FACHE RAUM-
DICHTHE DER INNEREN I-Profil-Trä-
gerUMMANTELUNG.

LÖSUNGSVORSCHLAG 11/1:
ZWEITEILIGE, EINSCHICHTIGE, PUNKT-
SYMMETRISCHE EPS-PFOSTENUMMANTELUNG
MIT FORMSCHLÜSSTIGER (ELASTISCH WIR-
KENDE HINTERSCHNITTE) HALBSCHALEN-
VERBINDUNG - GGF. MIT "C-KLAMMER"

LÖSUNGSVORSCHLAG 11/3:
ZWEITEILIGE, EINSCHICHTIGE, PUNKT-
SYMMETRISCHE EPS-PFOSTENUMMANTELUNG
MIT INNERER ELASTOMER-FLANSCHKANTEN-
ABDECKUNG. HALBSCHALENVERBINDUNG
GGF. GEKLEBT; LÖSUNG 11/3 IST NUR
* FÜR I-Profil-Träger VORGESEHEN.

ABB. 4.12b

Lösungen der ausgewählten Basisvariante 11

Quelle: Unfallforschung Heidelberg

Die nach Anbringung der stoßdämpfenden Pfostenummantelung vorgesehene Folienumhüllung ist wesentlicher Bestandteil der Pralldämpferkonstruktion und muß auf diese abgestimmt sein. Ihre hauptsächliche Funktion besteht darin, die bei einem Körperanprall brechenden Ummantelungsteile bis zur Erschöpfung der Arbeitsaufnahme zusammenzuhalten. Zur Anbringung muß sie in Form einer Endlosfolie vorliegen, die z.B. nach reversibler Vordehnung, evtl. unter Vorwärmung, mittels eines beidseitig vorhandenen Krallenverschlusses an der EPS-Ummantelung zu fixieren wäre und dieser einen zusätzlichen Halt gäbe.

Durch diese Folienumhüllung, die Wetterfestigkeit und in den Grenzen der auftretenden Umgebungstemperaturen gleichmäßiges Materialverhalten aufweisen muß, ist ferner eine farbliche Anpassung der Anpralldämpfer ebenso möglich wie eine zusätzliche optische Leit- und Signalwirkung, siehe Abb. 4.13.

Der Abb. 4.12b sind verschiedene Querschnittsausführungen bzw. Formschlußlinien der EPS-Ummantelung zu entnehmen. Abb. 4.14 gibt die Halbschalenquerschnitte der hier vorgeschlagenen Lösung wieder.

Die Montage des ausgeführten Anpralldämpfers umfaßt:

- Ablängen der Ummantelungsteile
- Zusammenfügen am Pfosten und durch Druck formschlüssig und/oder mit Kleber verbinden
- Zuschneiden der Folie, Umhüllung der EPS-Ummantelung (evtl. nach Vorwärmung der Folie) und Verschließen des Krallenverschlusses der Folie.

Mit den ausgearbeiteten Lösungsvorschlägen kann die Entschärfung eines gefährlichen Streckenabschnittes, z.B. am Außenradius einer Kurve, bei angenommener Streckenlänge von 300 m und einem Pfostenabstand von 4 m hinsichtlich Kosten- und Zeitaufwand wie folgt abgeschätzt werden: Materialkosten max. ca. DM 1.500,00, Zeitaufwand: 1 bis 2-Mann-Tage.



ABB. 4.13:

Musterummantelung eines Schutzplankenpfostens

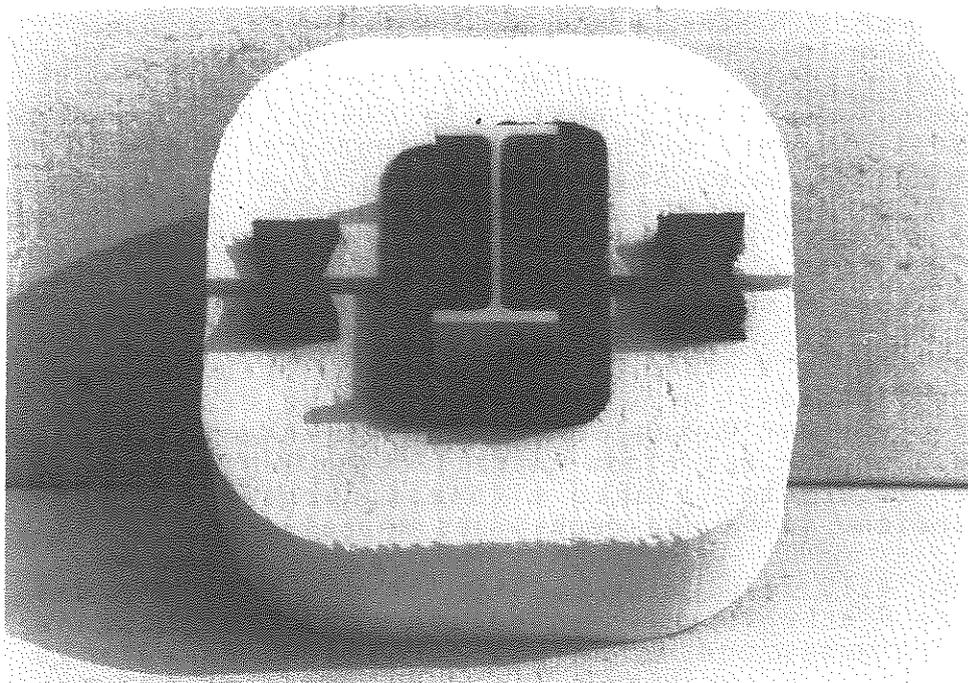


ABB. 4.14:

Pralldämpferquerschnitt einer vorgeschlagenen Konstruktion

4.3.2 Zusatzplanken

Im folgenden werden drei Nachrüstplanken-Systeme vorgestellt, die z.T. bereits in der Praxis erprobt wurden. Alle Abbildungen zeigen Querschnitte zur Fahrtrichtung.

Die Abb. 4.15 gibt einen Lösungsvorschlag wieder, der bereits in ähnlicher Form an der Streckenführung des Hockenheimringes - s. Abb. 4.16 - und auf der Versuchsstrecke der BMW AG in Ismaning bei München realisiert wurde. Die zusätzliche, untere Stahlschutzplanke verhindert einen Pfostenkontakt, die gewölbt ausgeführten Abstandshalter gewährleisten eine energieumwandelnde "Knautschzone" für anprallende Motorradfahrer. Diese Konstruktion hat sich bisher bei Unfällen mit Pkw und mot. Zfz. auf den genannten Strecken bewährt; eine bereits befriedigende Schutzwirkung beim Körperanprall von Benutzern mot. Zfz. wird aus Gründen der immer noch relativ hohen Steifigkeit und massebedingten Trägheit der unteren Stahlschutzplanke in der derzeitigen Ausführung jedoch in Frage zu stellen sein.

Eine Variante zu dieser Lösung zeigt die Abb. 4.17. Die zweite Planke, die als Schutz vor dem Pfosten dient, wird an den Distanzhaltern der EDSP befestigt; dies stellt eine einfache Umrüstmöglichkeit dar. Wie auch die Lösung in Abb. 4.15 kann diese Konstruktion nur in Verbindung mit einer EDSP verwendet werden, weil dann auch eine günstige Funktion für Pkw- und Nkw-Anfahrungen gesichert erscheint. Die in Abb. 4.17 dargestellte Variante ergibt durch ihre freie Aufhängung eine energieumwandelnde Wirkung aufgrund der Massenträgheit der beweglichen Schutzplankenteile und infolge der bei einem Anprall durch Zugspannung in der Zusatzstahlplanke mitbeanspruchten Plankenbereiche links und rechts des Anprallortes.

Abb. 4.18 zeigt eine Lösung für die ESP. Die untere Planke ist mit den Holmen verschraubt, eine Verformungszone ist nicht vorhanden. Es wäre zu untersuchen, ob hier nicht ein anstelle des unteren Holmes aus geeignetem Material angebrachter,

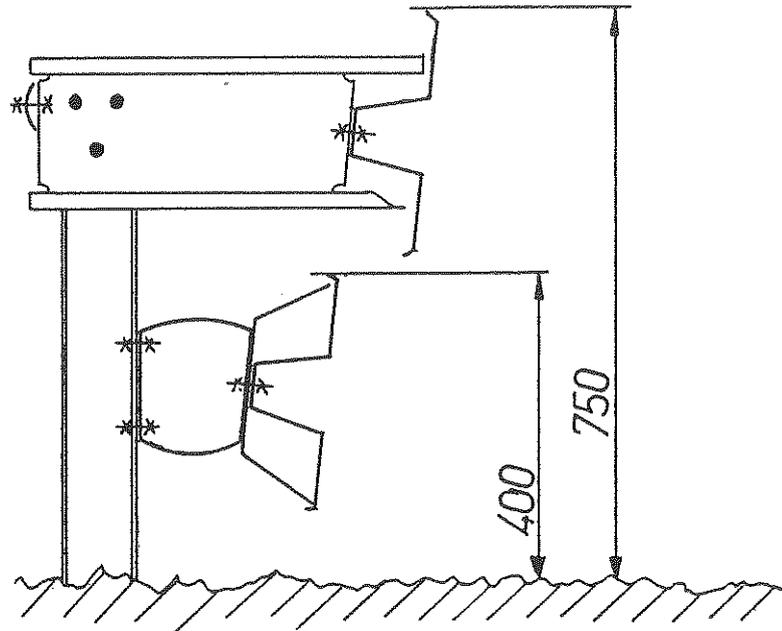


ABB. 4.15:

Anbringung einer Schutzplanke als Pfostenabdeckung
an einer EDSP

Quellen: [10], [7],

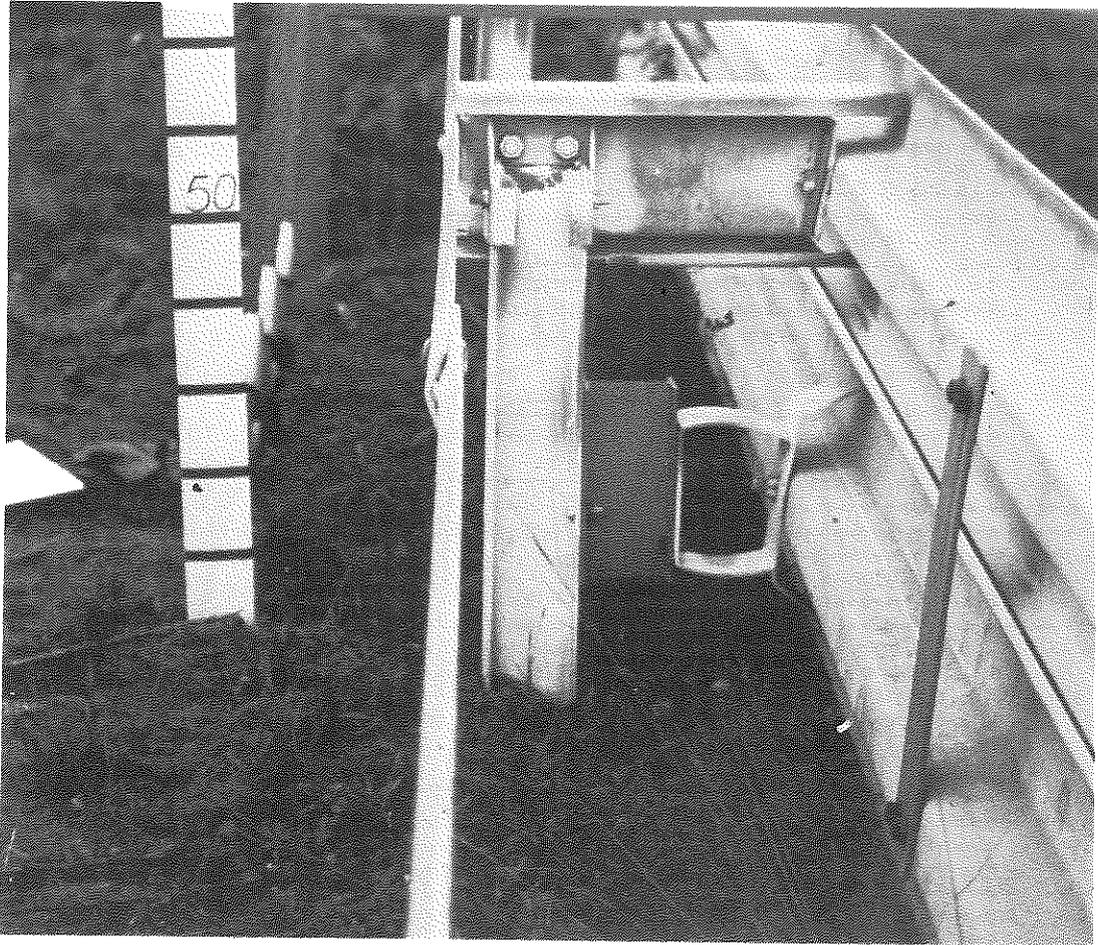


ABB. 4.16:

Schutzplankensystem am Hockenheimring

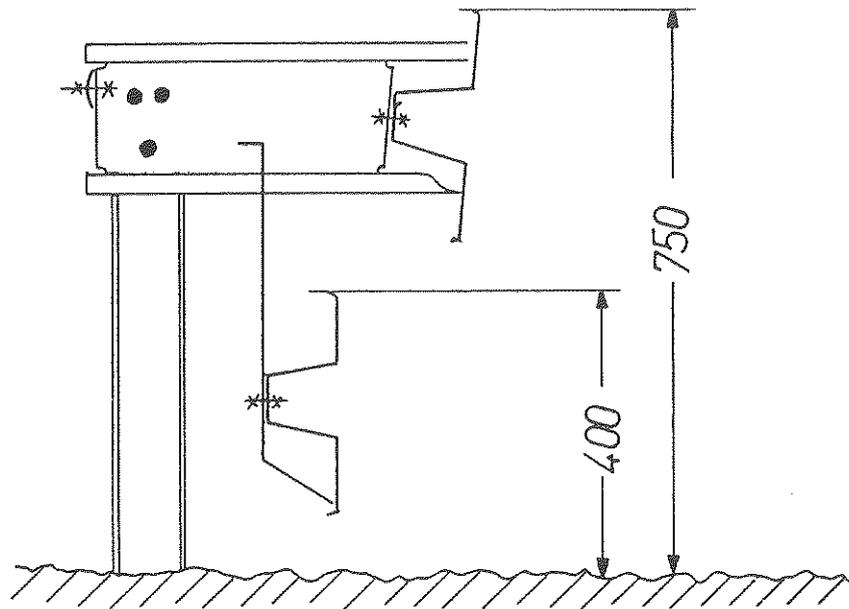


ABB. 4.17:

Anbringung einer Schutzplanke in Form einer
Trägheitsplanke an einer EDSP

Quelle: [10]

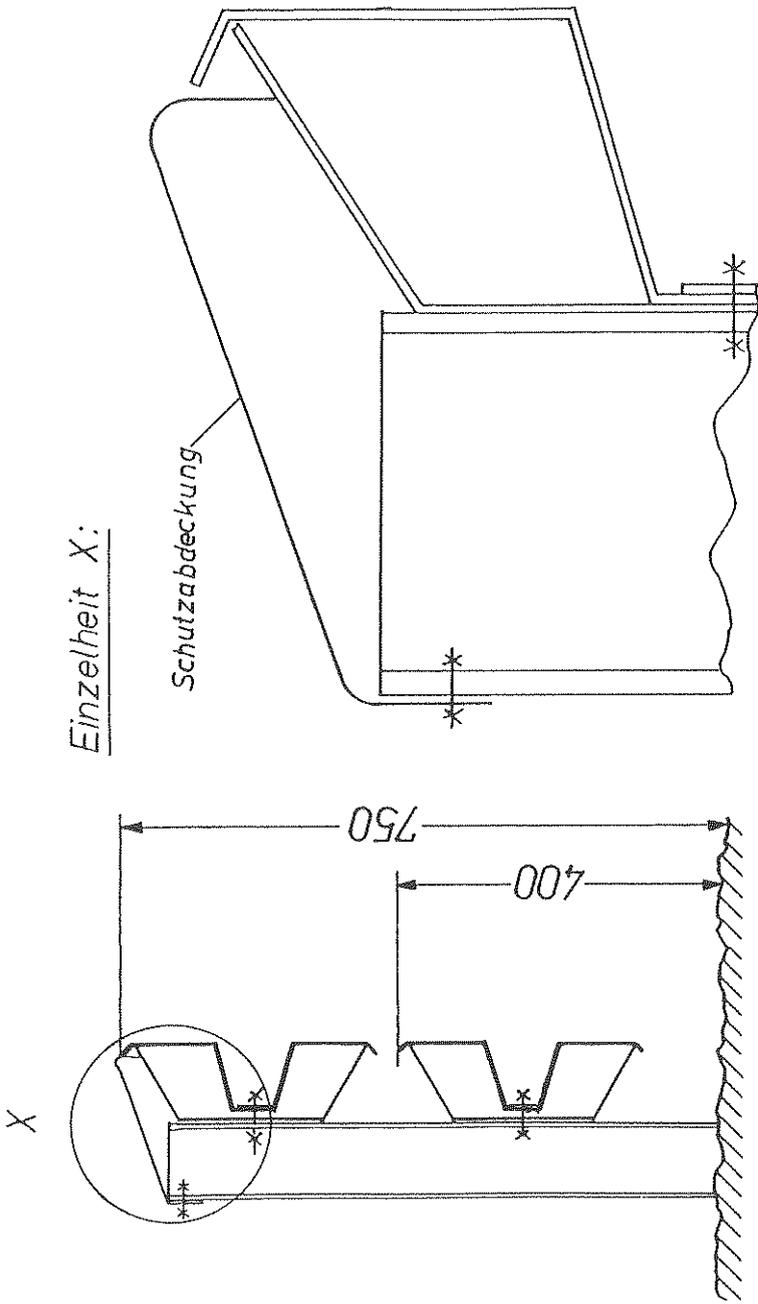


ABB. 4.18:

Anbringung einer Schutzplanke als Pfostenabdeckung an einer ESP

Quelle: [10]

schürzenartiger Zusatzholm unter Zwischenschaltung von Pralldämpfern zwischen diesem und dem Pfosten eine wesentliche Verbesserung des Systemes ergäbe. Bei der hier wiedergegebenen Lösung ist eine Abdeckung zwischen oberem Pfostenende und oberer Plankenkante vorgesehen, um die bei einer Überschleuderung von Motorradfahrern an dieser Stelle (wegen scharfer Kanten) vorhandene Verletzungsgefahr zu vermindern.

Um einen ähnlichen Effekt bei der o.g. EDSP zu erhalten, müßte diese über den Distanzhaltern in geeigneter Weise (z.B. mit Maschendrahtzaun) abgedeckt werden. Möglicherweise wären auch ohne scharfe Kanten gefertigte Plankenholme der Profile A oder B einzusetzen. Der hiermit verbundene Aufwand scheint wegen der Seltenheit solcher Unfallereignisse jedoch nicht gerechtfertigt.

Die bisweilen bei Verkehrsunfällen mit Schutzplankenkontakt beobachtete Unterrutschung mit der Folge schwerer, durch die Plankenunterkante verursachter Verletzungen, wäre durch eine zweite Schutzplanke und eine erforderlichenfalles gleichzeitige Pfostenummantelung zu verhindern. Die in Abb. 4.18 gezeigte Variante kann nach einem bisher durchgeführten Anprallversuch [Gösswein, 1982 (10)] zumindest für Pkw-Unfälle wohl noch nicht als Optimallösung bezeichnet werden. Evtl. müßten bei zu erwartenden Anfahrgeschwindigkeiten von Pkw von mehr als 80 km/h die Pfosten mit einer Sollbruchstelle versehen werden, um eine Rampenbildung auszuschließen.

Vorschläge einer optimierten Anbringung von Zusatzplanke zeigen die Skizzen A bis C der Abb. 4.19:

Zu Lösung A:

Ausführung wie bereits in Abb. 4.15 und Abb. 4.16 vorgestellt.

Zu Lösung B:

Distanzhalter für Zusatzplanke, Spange, gepfeilt (Draufsicht).

Zu Lösung C:

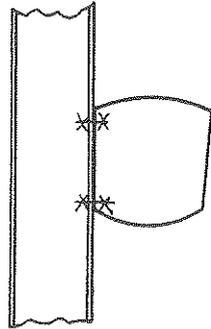
Doppelt gekröpfter Distanzhalter (Draufsicht) für Zusatzplanke.

Abb. 4.20 zeigt ein einfaches, aber ausreichendes Profil, das als untere Zusatzplanke verwendet werden könnte; diese Zusatzplanke ist bereits als sogenannter Fußgängergleitschutz erhältlich. Als Werkstoffe könnten Stahl, Aluminium und vor allem auch Kunststoff Verwendung finden.

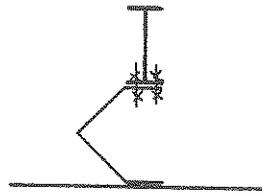
4.4 Lösungsansätze zur Neugestaltung

4.4.1 Alternative Pfosten-Konstruktionen

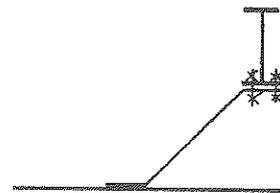
Seit einigen Jahren existiert der sogenannte Sigma-Pfosten, s. Abb. 4.21, der den heute verbreiteten I-Profil-Träger ersetzen könnte, wobei für Pkw und Nkw gleicher Schutz wie beim bisherigen Pfosten erreicht würde [Gösswein, 1977 (9)], und beim Anprall von Motorradbenutzern aufgrund der verminderten Formaggressivität dieses Pfostens von einer geringeren Verletzungsschwere ausgegangen werden kann. Dieser Sigma-Pfosten dürfte aufgrund seiner Herstellungsweise aus Bandstahl nicht teurer sein als die derzeitigen Pfosten; trotz des



LÖSUNG A
(SEITENANSICHT)



LÖSUNG B
(DRAUFSICHT)



LÖSUNG C
(DRAUFSICHT)

ABB. 4.19:

Mögliche Formen von Distanzhaltern zwischen
Pfosten und Zusatzplanke

Quelle: [16]

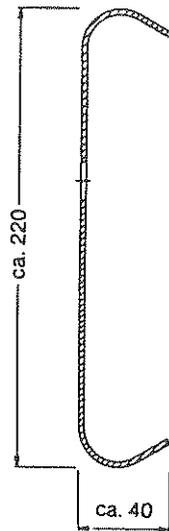


ABB. 4.20:

Fußgängergleitschutz als mögliche Zusatzplanke zur Pfostenabdeckung

Quelle: [21]

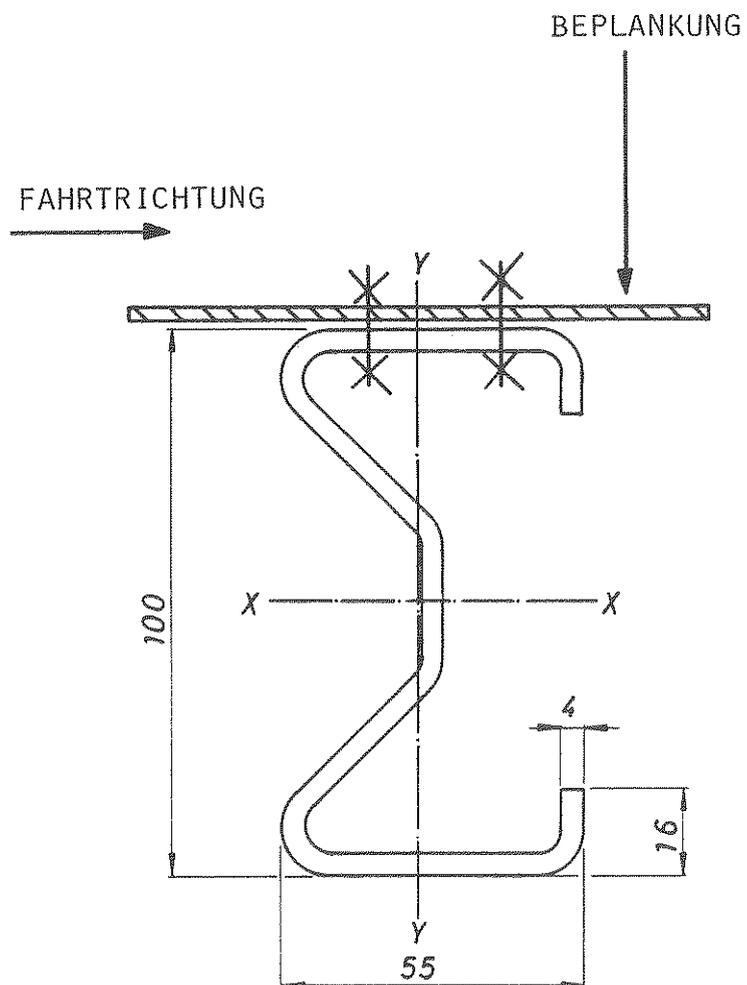


ABB. 4.21:

Sigma-Pfosten im Querschnitt

Quelle: [9]

Nachweises der Schutzwirkung dieses Pfostens bei Pkw- und Nkw-Unfällen durch entsprechende Versuchsreihen [Gösswein, 1977 (9)] konnte sich der Bundesminister für Verkehr bisher nicht entschließen, diesen Pfostentyp mit verminderter Formaggressivität einzuführen.

Es wird angeregt, zumindest bei fälligen Instandsetzungsarbeiten an Schutzplanken oder bei Neubringung von Schutzplanken den Sigma-Pfosten einzusetzen, wobei die geschlossene Profilseite gegen die bei einem Körperanprall zu erwartende Hauptanprallrichtung weisen sollte.

Noch günstiger, aber auch teurer als der Sigma-pfosten ist hinsichtlich des passiven Unfallschutzes für Benutzer mot. Zfz. der Rohrpfosten mit kreisrundem Querschnitt zu beurteilen, der in den Niederlanden [Roadside Safety, 1970 (19)] Verwendung findet.

Andere Pfostenformen, die ebenfalls eine Entschärfung durch Verminderung der Formaggressivität erwarten lassen, sind geschlossene oder offene Profile ohne gefährliche Kanten:

- Ovalprofil
- C-Profil (Frankreich)
- U-Profil (Italien)
- quadratisches Profil mit gerundeten Kanten
- Rechteckprofil mit gerundeten Kanten
- Dreieckprofil mit gerundeten Kanten
- Z-Profil mit gerundeten Kanten
(stellenweise in Österreich)

In einigen europäischen Ländern werden, wie oben genannt, derartige Profile z.T. verwendet. Der Sigma-Pfosten ist in Schweden bereits eingeführt. Bei allen offenen Profilen ist darauf zu achten, daß die geschlossene Seite gegen die mit größerer Wahrscheinlichkeit zu erwartende Beanspruchungsrichtung ausgerichtet ist.

4.4.2 Alternative, abweisende Schutzeinrichtungen

Will man grundsätzlich ein dem heute verwendeten ähnliches, jedoch verbessertes Schutzplankensystem einsetzen, so ergibt sich die Möglichkeit, eine Ausführung gemäß Abb. 4.22 zu wählen: Die "Pendelplanke". Zum einen wird durch die untere Planke eine Abdeckung der Träger erreicht, zum anderen bedeutet die Schwenkung um die Anlenkpunkte bei einem Anprall eine Energieaufnahme. Im Ruhezustand wird die Pendelplanke durch ein Zugseil in der Ausgangsstellung gehalten. Ob sich diese Konstruktion auch für Pkw-Unfälle mit Anfahrungs- geschwindigkeiten von mehr als 80 km/h oder auch in Kurven eignet, ist nicht gesichert. Immerhin wäre diese Schutzplankenart an Stellen einsetzbar, an denen mit Fahr- und damit auch Aufprallgeschwindigkeiten bis zur genannten Grenze gerechnet werden muß, z.B. an geschwindigkeitsbegrenzten Streckenabschnitten.

Für den Fall einer völligen Neuentwicklung wären sogenannte Gleitschwellen oder Gleitwände denkbar. Abb. 4.23 und Abb. 4.24 zeigen eine Stahlblechvariante, während in Abb. 4.25 und Abb. 4.26 Betonkonstruktionen dargestellt sind. Derartige Systeme ergeben nach bereits vorgenommenen Versuchen eine gute Schutzwirkung für Pkw und Nkw und lassen außerdem - wegen der geringen Formaggressivität - eine erhebliche Verminderung des Risikos schwerer Verletzungen bei verunglückten Benutzern mot. Zfz. erwarten. Bei dem Konstruktionstyp gemäß Abb. 4.23 sind die Stahlpfosten zwar immer noch vorhanden, jedoch völlig von den Gleitschwellen ummantelt.

Das Stahlblech-Schwellen-System ist transportabel und deshalb relativ schnell, auf ebenem und festem Untergrund sogar ohne Verankerung in der Oberfläche, aufstellbar, da es durch sein Eigengewicht genügend Standsicherheit auch bei Anfahrungsunfällen hat. Außerdem wird eine psychologische Wirkung in Form einer guten optischen Leitführung erwartet [Nazet, 1981 (13)]. Bestimmte Weiterentwicklungsmöglichkeiten an derartigen Schutzsystemen, speziell unter dem Aspekt des Motorradunfalles, müßten nach eingehenden Versuchen festgelegt werden.

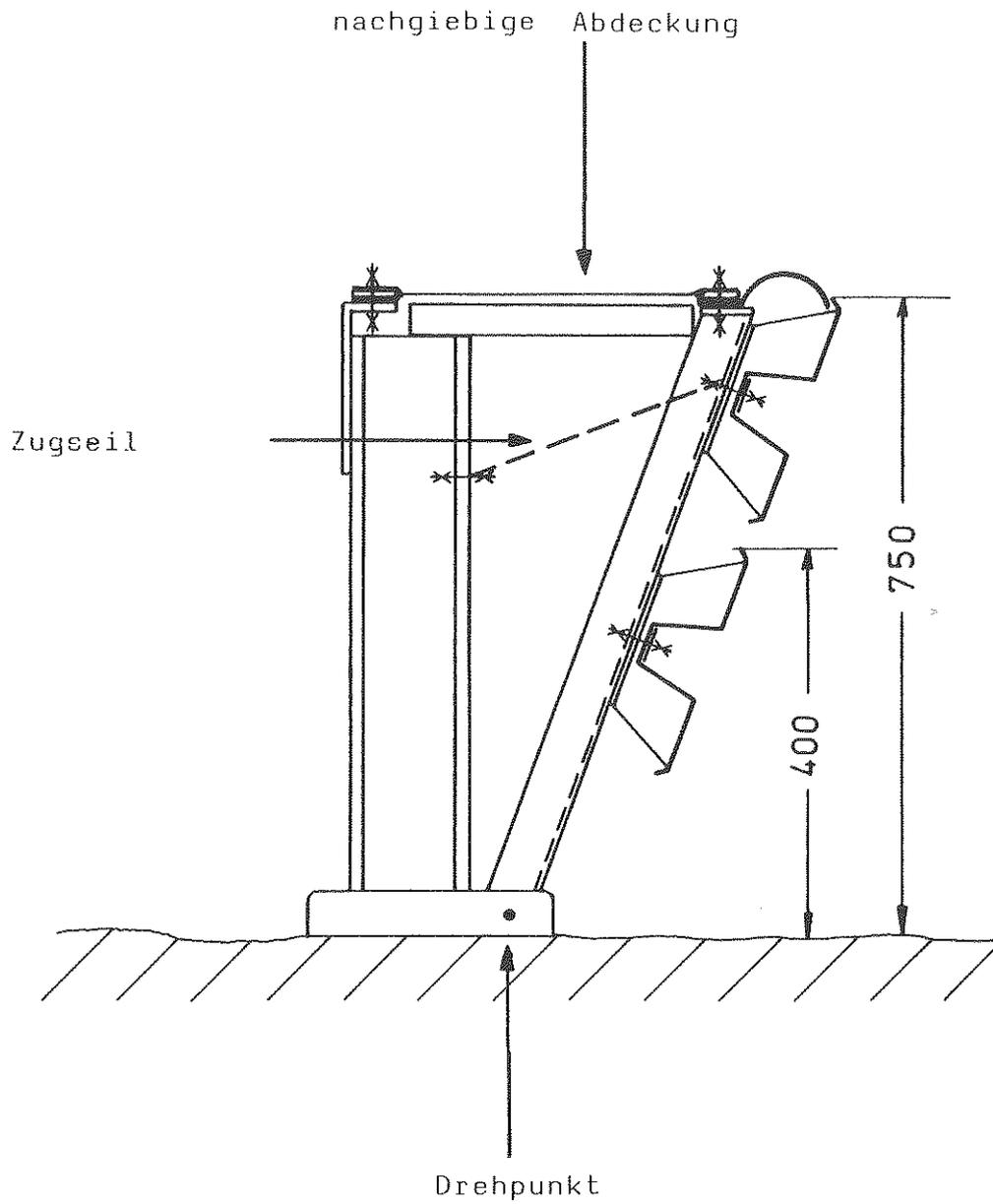


ABB. 4.22:
Pendelplanke
Quelle: [10]

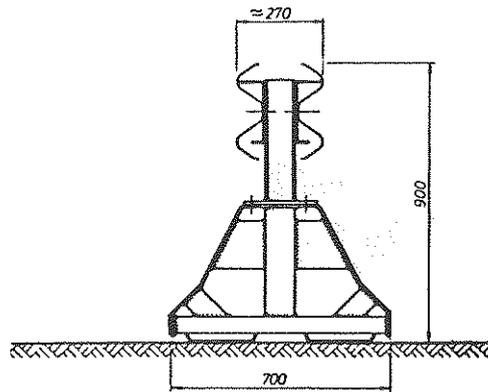


ABB. 4.23:

Stahlgleitschwelle

Quelle: [13]

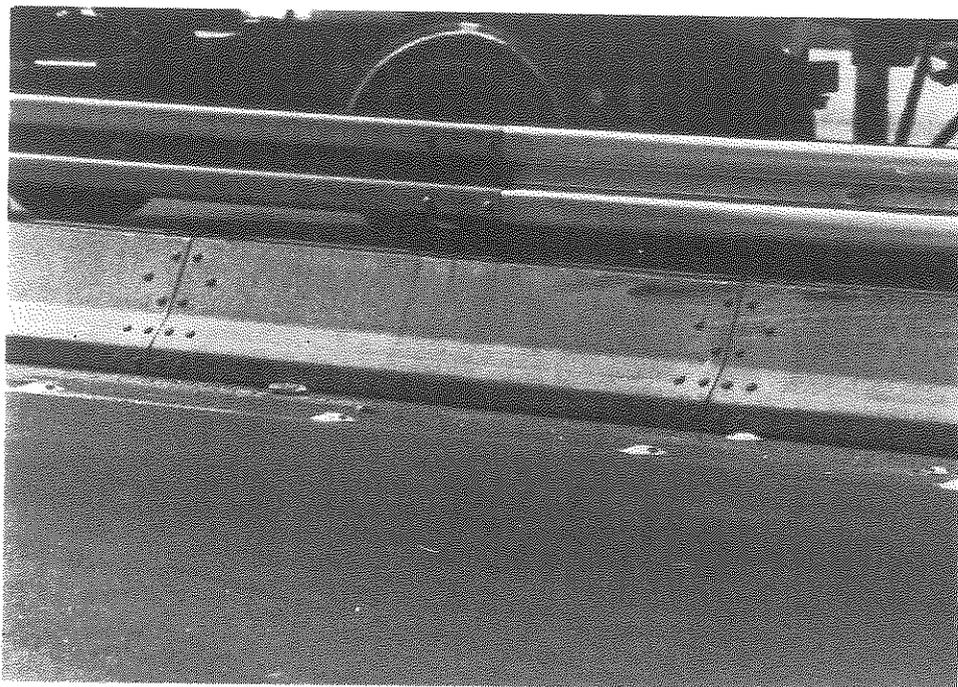
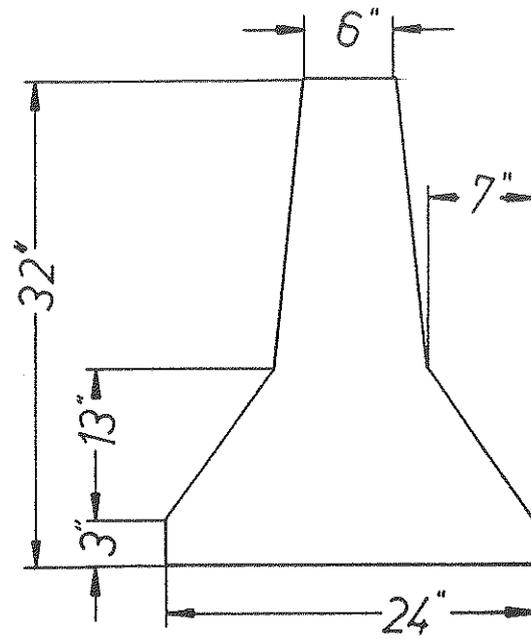
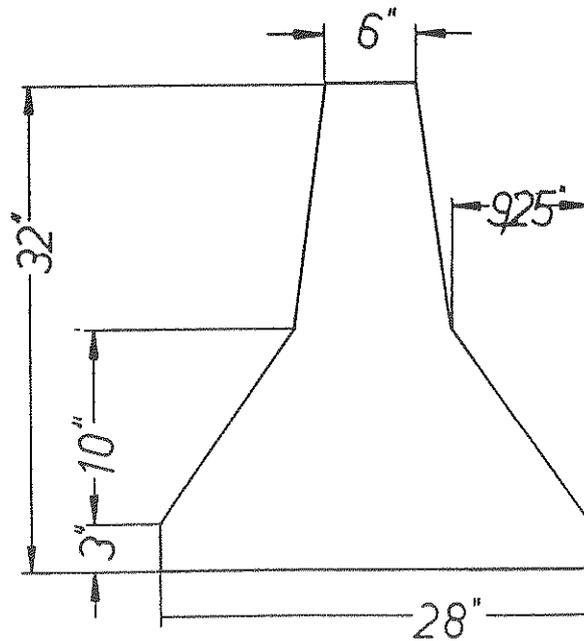


ABB. 4.24:
Stahlgleitschwelle



"NEW JERSEY"



"GENERAL MOTORS"

ABB. 4.25:

Betongleitschwelle
Alternative Querschnitte

Quelle: [16]



ABB. 4.26:

Betongleitschwelle

4.5 Kompatibilität und Wirtschaftlichkeit

Die Realisierung der weiter vorne (Kap. 4.3 und 4.4) vorgestellten Änderungsvorschläge an Schutzplanken bedarf einer kritischen Würdigung hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit und der Schutzwirkung unter Beachtung aller motorisierten Verkehrsteilnehmer.

Die bei den vorhandenen Schutzplankensystemen gegebene, gute Schutz- und Leitwirkung gegen das Abkommen von der Fahrbahn für Pkw und Nkw, die den Hauptanteil der am Verkehr teilnehmenden Fahrzeuge darstellen, muß erhalten bleiben bei der Verbesserung dieser Systeme zur Erzielung eines Mindestmaßes an passivem Unfallschutz für Benutzer mot. Zweiradfahrzeuge. Es ergibt sich aus dieser Grundsatzforderung, daß ein auch für diese äußeren Verkehrsteilnehmer optimiertes Schutzplankensystem im Regelfall eines gewissen Zusatzaufwandes bedarf, der zumindest bei einer Nachrüstung oder Modifizierung bestehender Systeme eine Verteuerung darstellt; dies, weil auf die derzeitigen Grundkonstruktionen aus den o.g. Gründen im allgemeinen nicht verzichtet werden kann.

Eine Abschätzung der evtl. Zusatzkosten bzw. der Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Maßnahmen übersteigt den Rahmen dieser Studie und müßte Gegenstand einer erweiterten Betrachtung sein. Für alle in den vorstehenden Kapiteln vorgestellten und einzeln behandelten Lösungsansätze gilt, daß sie zunächst Ergebnistheoretischer Überlegungen sind und ihr passiver Unfallschutz speziell hinsichtlich des Körperanpralles von Benutzern mot. Zfz. erst noch mittels geeigneter Versuche untersucht und nachgewiesen werden müßte. Falls erforderlich, wären ausgewählte optimierte Systeme auch wiederum auf die Tauglichkeit gegenüber Pkw- und Nkw-Unfällen gesondert experimentell zu überprüfen.

Kostenmäßig wird sich der Umfang solcher Maßnahmen an dem Gegenwert der insgesamt erzielbaren Verletzungsminderung (Krankenhauskosten, Rehabilitationskosten, Renten, Schmerzensgeld, Arbeitsausfall etc.) orientieren müssen. Einer solchen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung steht das persönliche Schicksal der Betroffenen und deren Angehörigen gegenüber, dessen Härte nicht in Währung auszudrücken ist.

5. Zusammenfassung und Vorschläge zum weiteren Vorgehen

Der vorliegende Bericht umfaßt

- eine Analyse des Standes der Technik von abweisenden Schutzeinrichtungen (Schutzplanken),
- eine ungewichtete Sichtung spezieller örtlicher Schutzplankensituationen im Rhein-Main-Neckar-Gebiet und Bereichen des Odenwaldes,
- eine kasuistische Untersuchung von Verkehrsunfällen bei denen Benutzer mot. Zfz. einen Körperanprall an Schutzplanken erlitten sowie
- eine Zusammenstellung von Maßnahmen und konstruktiven Lösungen zur Verringerung der Verletzungsgefahr durch Schutzplanken

Bei der Analyse der Unfälle wurden die nach Art, Schwere und Lokalisation erlittenen Verletzungen (Unfallfolgeschwere) der Unfallmechanik bzw. der Unfalleinwirktschwere gegenübergestellt.

Es zeigt sich, daß die bisher ausschließlich für Unfälle von Personenkraftwagen und Nutzkraftwagen gestalteten und optimierten Schutzplankensysteme der Bundesrepublik für motorisierte Zweiradfahrer ein erhebliches Verletzungsrisiko darstellen: Ein für einen Pkw mit geringer Schutzplanken- und Pkw-Deformation verlaufender Schutzplankenkontakt kann wegen der gefährlichen Geometrie und der äußerst großen Form- und Materialaggressivität der derzeitigen Schutzplankensysteme für den Benutzer eines mot. Zfz. bereits bei niedrigen Körperauftreffgeschwindigkeiten (im ungünstigsten Fall ab etwa 20 km/h) mit schwersten oder tödlichen Verletzungen enden.

Zur Verbesserung derzeitiger Schutzplankensysteme hinsichtlich des passiven Unfallschutzes von Benutzern mot. Zfz. werden teilweise bekannte Möglichkeiten untersucht, teilweise neue konstruktive

Lösungen genannt.

Da einerseits die Benutzer mot. Zfz. auf das gleiche Straßennetz angewiesen sind wie die Benutzer von Zweispurfahrzeugen, und eine Trennung der Fahrzeugarten unrealistisch ist, andererseits der derzeitige Anteil von mot. Zfz. immerhin etwa 11 % des gesamten Straßenverkehrs ausmacht, wobei das Unfallaufkommen innerhalb dieser Fahrzeugkategorie als prozentual weit höher liegend zu konstatieren ist, ergibt sich bereits beim jetzigen Stand der Erkenntnisse und zu überprüfender Abschätzungen, daß eine weitere Vernachlässigung des passiven Unfallschutzes von Benutzern mot. Zfz. durch Unterlassung einer wirtschaftlich vertretbaren Anpassung von abweisenden Schutzeinrichtungen als unangemessen zu beurteilen ist.

Um eine Erhöhung des passiven Unfallschutzes hinsichtlich dieses Problemes zu erreichen, sollten auf der Grundlage neuer Erkenntnisse und hieraus abgeleiteter Maßnahmen angepaßte Richtlinien erarbeitet werden. Auf eine sachverständige Anwendung und fachkundige Ausführung des Richtlinieninhaltes ist in Zukunft größerer Wert zu legen als bisher.

Die Möglichkeit wirtschaftlich angemessener Entschärfungsmaßnahmen im Bereich besonders gefährdender Schutzplankenabschnitte (Unfallsschwerpunkte) sollte ebenso in Betracht gezogen werden wie ein ersatzloser Wegfall oder die Einsparung von Schutzplanken an Stellen, an welchen auch eine Schutzwirkung für oder vor Pkw und Nkw fragwürdig ist.

Als kurzfristig durchführbare, angemessene Maßnahmen werden empfohlen:

1. Kritische Überprüfung der Erforderlichkeit bzw. Einsparung von Schutzplanken anhand eines Kriterienkataloges. Gegebenenfalls Unterlassung der Neuausrüstung bzw. Entfernung vorhandener Schutzplanken.
2. Entschärfung von Schutzplankenpfosten durch Anbringung von Anpralldämpfern im Bereich gefährlicher Streckenabschnitte (z.B. entsprechend dem Vorschlag des Berichtes).

Alternativ zu 2.:

3. Anbringung von zusätzlichen, bei einem Körperanprall energieabsorbierend wirkenden Planken zur Abdeckung der scharfkantigen Pfosten.

Als längerfristige Maßnahmen werden nach Durchführung folgender Arbeiten:

- Erfassung des Gesamtaufkommens an Schutzplankenunfällen und deren qualitative Auswertung,
- Abschätzung des Risikoverhältnisses mit/ohne Schutzplanken für alle betroffenen Verkehrsteilnehmer und Aufstellung eines Anforderungskataloges bezüglich Erforderlichkeit und Beschaffenheit angepaßter Schutzplanken,
- weitere Überprüfung konstruktiver Lösungen einschließlich der Beurteilung einschlägiger Patentanmeldungen und erteilter Patente hinsichtlich Wirksamkeit, Kompatibilität und Wirtschaftlichkeit,
- Durchführung von Versuchen mit dem Ziel des Nachweises einer Verminderung der Verletzungsschwere beim Körperanprall von Benutzern mot. Zfz. gegen Schutzplanken,

entsprechend den Arbeitsergebnissen empfohlen:

4. Verwendung von Schutzplankenpfosten mit weniger formaggressiven Pfostenquerschnitten wie z.B. Sigma-Pfosten oder Rohrpfosten mit kreisrundem Querschnitt.
5. Grundsätzliche Neugestaltung abweisender Schutzsysteme.

Auf die Anbringung von Anpralldämpfern gemäß Punkt 2. im Bereich gefährlicher Streckenabschnitte kann auch bei einer Verwirklichung von Punkt 4. nicht verzichtet werden.

Verzeichnis der Abbildungen

Abb.		Seite
2.1	Einfache Schutzplanke (ESP)	6
2.2	Einfache Distanzschutzplanke (EDPS)	7
2.3	Übergang von ESP zu EDSP	8
2.4	Doppelte Schutzplanke (DSP)	9
2.5	Doppelte Distanzschutzplanke (DDSP)	10
2.6	Übergang von EDSP zu DDSP	11
2.7	I-Profil-Träger im Querschnitt	12
2.8	Schutzplankenprofile A (links), B (rechts)	13
2.9	Schutzplankenprofil A	14
2.10	Schutzplankenprofil B	14
3.1	Fall Nr. 1: Unfallstelle	23
3.2	Fall Nr. 1: Verletzungen durch Holmanprall	23
3.3	Gegenüberstellung von Schutzhelmen mit etwa gleicher Einwirkung durch Pfostenanprall Linker Helm: Fall Nr. 1 Rechter Helm: Fall Nr. 2	24
3.4	Fall Nr. 2: Unfallstelle, Übersicht des Straßenverlaufs	27
3.5	Fall Nr. 3: Übersicht der Unfallstelle	30
3.6	Fall Nr. 4: Übersicht der Unfallstelle - Fragwürdige Schutzplankenaufstellung -	32
3.7	Fall Nr. 5: Schutzhelmaußenschale und entnommene Stoßpolsterung (links) nach typischen Pfostenanprall	34
3.8	Fall Nr. 5: Unfallfahrzeug	34
3.9	Fall Nr. 6: Unfallstelle	38
3.10	Fall Nr. 6: Übersicht der Unfallstelle - Fragwürdige Schutzplankenaufstellung -	38

Abb.		Seite
3.11	Fall Nr. 8: Übersicht der Unfallstelle	44
3.12	Fall Nr. 8: Durch Körperanprall deformierter Schutzplankenpfosten	44
3.13	Fall Nr. 10: Schutzplankendeformation nach tödlicher verlaufenem Körper(Kopf)- Anprall	48
3.14	Fall Nr. 10: Anprallsituation	48
3.15	Fall Nr. 11: Übersicht der Unfallstelle	50
3.16	Fall Nr. 11: Pfoستendeformation nach tödlichem Körperanprall	50
3.17	Fall Nr. 12: Übersicht der Unfallstelle	53
3.18	Fall Nr. 12: Deformation des Holmendes durch Motorradanprall	53
3.19	Exzessive Pfoستendeformation durch Kopfanprall mit Helm	59
4.1	Schutzplankenabschnitte vor Einzelhindernissen	64
4.2	Schutzplankendurchlaß	65
4.3	Schutzplankendurchlaß	65
4.4	Schutzplankendurchlaß (Fehlstelle)	66
4.5	Kollisionshindernis vor Schutz- planke	68
4.6	Schutzplankenumbauung eines Schalt- kastens	69
4.7	Pfostenlose Schutzplanke auf einer BAB-Brücke an Betonsockel	70
4.8	Schutzplanke mit zu geringer lichter Bodenweite	72
4.9	Schutzplanke vor Brückenpfeiler	73
4.10	Schutzplanke mit übereinander montierten Holmen	74
4.11	Doppelte Distanzschutzplanke nach Pkw-Anfahrunگ	76
4.12a	Grundsätzliche Lösungsvorschläge zur Pfostenentschärfung	81
4.12b	Lösungen der ausgewählten Basis- variante 11	85

Abb.		Seite
4.13	Musterummantelung eines Schutzplankenpfostens	87
4.14	Pralldämpferquerschnitt einer vorgeschlagenen Konstruktion	87
4.15	Anbringung einer Schutzplanke als Pfostenabdeckung an einer EDSP	89
4.16	Schutzplankensystem am Hockenheimring	90
4.17	Anbringung einer Schutzplanke in Form einer Trägheitsplanke an einer EDSP	91
4.18	Anbringung einer Schutzplanke als Pfostenabdeckung an einer ESP	92
4.19	Mögliche Formen von Distanzhaltern zwischen Pfosten und Zusatzplanke	95
4.20	Fußgängergleitschutz als mögliche Zusatzplanke zur Pfostenabdeckung	96
4.21	Sigma-Pfosten im Querschnitt	97
4.22	Pendelplanke	100
4.23	Stahlgleitschwelle	101
4.24	Stahlgleitschwelle	102
4.25	Betongleitschwelle	103
4.26	Alternative Querschnitte	104

Literaturverzeichnis

- The Abbreviated Injury Scale: 1980 Revision; AIS 80 / American Association for Automotive Medicine, Committee on Injury Scaling. John D. States u.a. - Morton Grove, 1980
- (1)
- Bayer, B.; Breuer, B.: Fahrstabilitätsprobleme von Krafträdern und ihre Unfallrelevanz.
- (2) In: Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik. - (1983) 11. - S. 304-310
- Böhringer, A.; Roschmann, R.; Domhan, M.: Anfahrversuche an Leitplanken. - Bonn Bad Godesberg, 1970
- (3) (Straßenbau und Straßenverkehrstechnik; 98)
- Böhringer, A.; Roschmann, R.; Domhan, M.: Durchführung von Anfahrversuchen an Leitplanken zur Erzielung einer möglichst hohen Verkehrssicherheit an Bundesfernstraßen. - Bonn Bad-Godesberg, 1965
- (4) (Straßenbau und Straßenverkehrstechnik; 42)
- Bürger, H.: Möglichkeiten und Grenzen der statistischen Auswertung von Unfalldaten: Einsatz der analytischen Statistik, Wahrscheinlichkeitsrechnung und Kombinatorik bei der Analyse von Unfällen. - 1983
- (5) Berlin, Techn. Hochsch., Diss., 1983.
- Domhan, M.; Hartkopf, G.: Erprobung passiver Schutzeinrichtungen für Straßen. - Bonn Bad-Godesberg, 1981
- (6) (Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik; 336)
- Domhan, M.: Passive Sicherheit der Schutzplanken bei Anprall von Zweiradfahrern
- (7) In: Straße und Autobahn. - 34(1983)12
- Der ESV-Mast: Firmendruckschrift / A. Neher GmbH.
- (8) - Aschaffenburg, 1977
- Gösswein, K.: Anfahrversuche an Schutzplanken mit Sigma-Pfosten: Forschungsauftrag der Studiengesellschaft für Stahlleitplanken.
- (9) - Siegen, 1977

- Gösswein, K.: Ergänzungsvorschläge in Bezug auf den Anprall von Motorrädern. - Großostheim, (10) 1982
Unveröffentlicht.
- Injury Severity Score: A Method for Describing Patients with Multiple Injuries and Evaluating Emergency Care / S.P. Baker u.a. (11)
In: Journal of Trauma. - (1974)14. - S. 187
- Merkblatt für Schutzplanken und Blendschutzgitter / Forschungsgruppe für das Straßenwesen, (12) Arbeitsgruppe Verkehrsführung und Verkehrssicherheit. - Köln, 1974
- Nazet, W.: Tendenzen in der Weiterentwicklung von umlenkenden und auffangenden Schutzzeineinrichtungen an Verkehrswegen (13)
In: IX. IRF World Meeting. - Stockholm, 1981
- Ouellet, James V.: Environmental Hazards in Motorcycle Accidents. (14)
In: 26th Annual Conference of the American Association of Automotive Medicine: Proceedings. Ottawa, Ontario, Canada, Oct. 4-6. - Arlington, Heights Ill. - S. 117-129
- Pachernegg, S.: Das Motorrad in Ballungsgebieten In: Straßenverkehr in Ballungsgebieten: (15) Tagung Frankfurt 1983. - Düsseldorf, 1983 (VDI-Berichte; 485)
- Printz, H.: Studie über konstruktive Änderungen an Leitplanken (Schutzplanken) zur Entschärfung von Folgen bei Motorradunfällen mit Leitplankenanprall. - Darmstadt, 1982 (16)
(Studienarbeit Nr. 157/82 am Fachgebiet Fahrzeugtechnik der Technischen Hochschule Darmstadt).
Unveröffentlicht.
- Pschyrembel, W.: Klinisches Wörterbuch. - 254. (17) Aufl. - Berlin; New York, 1982
- Richtlinien für abweisende Schutzzeineinrichtungen an Bundesfernstraßen: Allg. Rundschreiben Straßenbau Nr. 20/1972 vom 25.10.1972 ST B 4/3-38.60.-10/4052 Vms 72 / Bundesminister für Verkehr (18)
In: Verkehrsblatt. - (1972)23. - S. 814-852

- Roadside Safety Structures: a Description of the
Crash Barriers in the Netherlands / SWOV
(19) (Institute for Road Safety Research). -
Voorburg, 1970
(Report; 6)
- Schüler, F.; Mattern, R.; Schmidt, G.; Helbling, M.:
Wirksamkeit von Elementen des passiven Unfall-
(20) schutzes. Abschlußbericht zum Forschungs-
projekt 7806/6 der Bundesanstalt für Straßen-
wesen . - Bergisch-Gladbach, 1984
Veröffentlichung in Vorbereitung
- Stahlschutzplanken: EDSP-Fußgänger-Gleitschutz.
Firmendruckschrift Gruppe 6, Folge 1 / A.
(21) Neher GmbH. - Aschaffenburg 1978
- Stahlschutzplanken: Gütesicherung RAL-RG 620 / RAL
(Ausschuß für Lieferbedingungen und Güte-
(22) sicherung). - Frankfurt, 1972
- Technische Lieferbedingungen für Stahlschutzplan-
ken an Bundesfernstraßen (TL-SP) / Bundesan-
(23) stalt für Straßenwesen. - Köln, 1972
- Verkehrssicherheit für Motorradfahrer: Kleine
Anfrage der Abgeordneten Feile u.a. / der
(24) Bundesminister für Verkehr. - Bonn, 1982
Deutscher Bundestag; 9. Wahlperiode; Druck-
sache 9/1645.

**Die Autoren dieses
Heftes:**

Dipl.-Ing. Florian Schüler

**Wissenschaftlicher Mit-
arbeiter am Institut für
Rechtsmedizin – Unfall-
forschung Heidelberg –
im Klinikum der
Ruprecht-Karls-Univer-
sität Heidelberg**

**Dipl.-Ing.
Bernward Bayer**

**Wissenschaftlicher Mit-
arbeiter am Fachgebiet
Fahrzeugtechnik der
Technischen Hochschule
Darmstadt**

Dr. med. Rainer Mattern

**Privatdozent, Akade-
mischer Rat am Institut
für Rechtsmedizin im
Klinikum der Ruprecht-
Karls-Universität
Heidelberg**

Michael Helbling

**Kraftfahrzeugmeister,
technischer Angestellter
am Institut für Rechts-
medizin – Unfall-
forschung Heidelberg –
im Klinikum der
Ruprecht-Karls-Univer-
sität Heidelberg**

**Demnächst
erscheint
als Heft 3 der
„Forschungshefte
Zweiradsicherheit“**

**1. Bochumer
Workshop zur
Zweiradsicherheit.
Referate und
Resolutionen.**