

Anprallversuche an motorradfahrer- freundlichen Schutzeinrichtungen

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 193

bast

Anprallversuche an motorradfahrer- freundlichen Schutzeinrichtungen

von

Ralf Klöckner

Durchführung der Anprallversuche:

Ralf Klöckner
Maike Zedler

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 193

bast

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

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

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

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

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt beim Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bgm.-Smidt-Str. 74-76, D-27568 Bremerhaven, Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in Kurzform im Informationsdienst **BAST-Info** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt F 1100.6406008 des Arbeitsprogramms der Bundesanstalt für Straßenwesen:
Auswertung von Anprallversuchen an motorradfahrerfreundlichen Schutzeinrichtungen

Herausgeber

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

Redaktion

Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag

Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

ISSN 0943-9331
ISBN 978-3-86918-002-1

Bergisch Gladbach, April 2010

Kurzfassung – Abstract

Anprallversuche an motorradfahrerfreundlichen Schutzeinrichtungen

Werden die in Deutschland gebräuchlichen Stahlenschutzplanken umgestaltet, um das Verletzungsrisiko für Motorradfahrer zu verringern, zeigt sich ein Kompatibilitätsproblem: Die Erhöhung der Sicherheit für Motorradfahrer wird mit Einschränkungen der Sicherheit von Pkw-Insassen erkaufte. Um dieses Kompatibilitätsproblem zu lösen, wurden unter Federführung der Bundesanstalt für Straßenwesen neue Nachrüstkomponenten für Stahlenschutzplanken entwickelt. Dabei lag der Schwerpunkt auf der Senkung der Verletzungsschwere für Motorradfahrer. Im vorliegenden Projekt sollten die Nachrüstkomponenten „EuskirchenPlus“ ihre Tauglichkeit auch für Pkw-Insassen in Anprallprüfungen (Crashtests) beweisen.

Dies gelang zunächst nicht. Daher wurden die Nachrüstkomponenten zu neuen Konstruktionen („ESP-Motorrad“ und „EDSP-Motorrad“) weiterentwickelt, und es gelang, die „ESP-Motorrad“ erfolgreich zu prüfen. Die Eignung der „EDSP-Motorrad“ wurde aus den vorliegenden Forschungsergebnissen und den Erfahrungen der Bundesanstalt für Straßenwesen abgeleitet.

Das Kompatibilitätsproblem konnte zwar nicht umfassend gelöst, jedoch so weit beseitigt werden, dass keine relevanten Einsatzbeschränkungen mehr aufrechterhalten werden müssen. Die „ESP-Motorrad“ und die „EDSP-Motorrad“ sind auf nahezu allen für Motorradunfälle relevanten Strecken grundsätzlich geeignet, die klassischen Stahlenschutzplanken ESP bzw. EDSP zu ersetzen.

Impact tests with motorcycle-friendly protective devices

A compatibility problem arises when the protective steel planks, which are commonly used in Germany, are redesigned to reduce the risk of injury to motorcycle drivers: The increased safety for the motorcycle drivers is traded against reduced safety for car passengers. New retrofitting components for protective steel planks were developed under the guidance of the Federal Roads Research Laboratory to solve this compatibility problem. The focus was on reducing the severity of injuries to motorcycle drivers. This project was performed to investigate in crash tests whether the “EuskirchenPlus” retrofitting component is suitable for car passengers.

This was initially not the case. The retrofitting components were therefore improved to create new designs (“ESP-Motorrad” and “EDSP-Motorrad”). “ESP-Motorrad” was validated with success. The suitability of “EDSP-Motorrad” was derived from the research results available and the experience of the Federal Highway Research Institute.

The compatibility problem was not completely solved, but it was sufficiently reduced so that no more usage limitations must be maintained. “ESP-Motorrad” and “EDSP-Motorrad” are in principle suitable to replace the traditional ESP and EDSP protective steel planks on nearly all routes that are relevant with regard to motorcycle accidents.

Inhalt

1	Einleitung	7	4.6	Zeichnungen und Skizzen ESP-/EDSP-Motorrad	27
2	Untersuchungsgegenstand und Ziel der Untersuchung	7	4.6.1	Systemübersichten	27
3	Ausgangslage	7	4.6.2	Unterfahrschutz	29
3.1	Anforderungen für Motorradfahrer	9	4.6.3	Oberzug	31
3.2	Anforderung für Pkw-Insassen	11	5	Zusammenfassung	33
3.3	EuskirchenPlus für ESP/EDSP	12	6	Ausblick	35
3.4	Zielstellung	13	7	Literatur	35
4	Anprallprüfungen an und Weiterentwicklung von EuskirchenPlus	13			
4.1	Durchführung der Anprallprüfungen ...	13			
4.2	Anprallprüfungen an EuskirchenPlus-EDSP	14			
4.2.1	Anprallprüfung TB 11	14			
4.2.2	Anprallprüfung TB 32	15			
4.3	Anprallprüfungen an EuskirchenPlus-ESP	17			
4.3.1	Anprallprüfung TB 11	17			
4.3.2	Auswertung der Anprallprüfung TB 11	19			
4.4	Entwicklung der ESP-Motorrad	20			
4.4.1	Entwicklung des Unterzugs für die ESP-Motorrad	20			
4.4.2	Entwicklung des Oberzugs für die ESP-Motorrad	22			
4.5	Anprallprüfungen an ESP-Motorrad ...	23			
4.5.1	Anprallprüfung TB 11 an ESP-Motorrad	24			
4.5.2	Anprallprüfung TB 32 an ESP-Motorrad	25			
4.5.3	Auswertung der Anprallprüfungen an der ESP-Motorrad	27			
4.5.4	EDSP-Motorrad	27			

1 Einleitung

Schutzeinrichtungen (umgangssprachlich: Leitplanken) sind in Anprallprüfungen seit Jahren auf ihr Verhalten beim Anprall von Pkw, Lkw und Bussen hin optimiert worden. Sie sollen so weit wie möglich deren Durchbruch verhindern und die Verletzungsschwere vor allem für anprallende Pkw-Insassen gering halten. Die Fokussierung auf Pkw-Insassen beruht darauf, dass diese die Verkehrsmajorität stellen (siehe Bild 1).

Diese Optimierung hat jedoch insbesondere für Stahlschutzplanken zur Folge, dass diese sich für Motorradfahrer nicht oder nur sehr eingeschränkt eignen. Als Folge davon ist die Verletzungsschwere verunfallter Motorradfahrer bei einem Anprall an solche Stahlsysteme häufig sehr hoch.

An der Rolle des Motorradfahrers als Verkehrsminderheit hat sich zwar nichts geändert (Bild 1), jedoch hat sich der Anteil der Aufassen von Krafträdern (im Folgenden vereinfachend als „Motorrad-

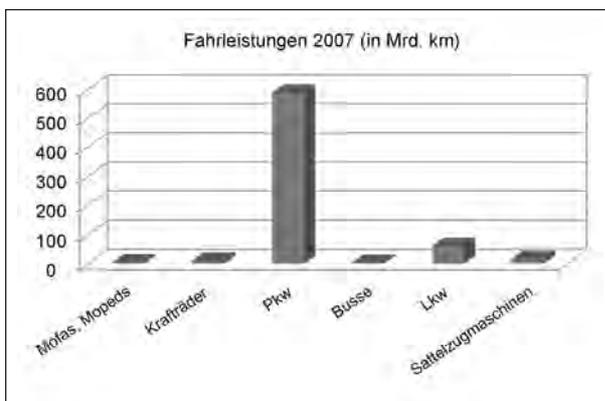


Bild 1: Fahrleistungen für verschiedene Fahrzeugarten (Quelle: www.bast.de)

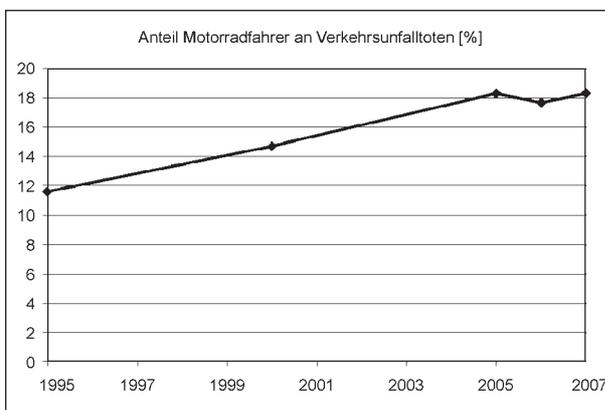


Bild 2: Prozentualer Anteil der im Straßenverkehr getöteten Aufassen von Krafträdern an allen im Straßenverkehr Getöteten (Quelle: www.bast.de)

fahrer“ bezeichnet) an den getöteten Verkehrsteilnehmern erhöht (siehe Bild 2), aufgrund der erfreulicherweise sinkenden Zahl der Personenschäden bei Pkw-Insassen.

Die genauen Ursachen für die positive Entwicklung bei den Zahlen der getöteten Insassen von Pkw sind schwer zu identifizieren. Als sicher kann gelten, dass die kontinuierliche Verbesserung der aktiven und passiven Sicherheit von Pkw zu dieser Entwicklung beigetragen hat [GAIL]. Es ist aber auch plausibel, dass die systematische Identifizierung und Umgestaltung von Unfallschwerpunkten sowie Verbesserungen bei Trassierung und Straßenausstattung einen Beitrag geliefert haben. Der Erfolg dieses Maßnahmenbündels erlaubt es nun, zunehmend Ressourcen für die Verbesserung der Sicherheit von Motorradfahrern einzusetzen.

2 Untersuchungsgegenstand und Ziel der Untersuchung

Ziel der Untersuchung ist die Erhöhung der Sicherheit für Motorradfahrer beim Anprall an Schutzeinrichtungen, ohne die Sicherheit für Pkw-Insassen zu beeinträchtigen. Im Fokus der Betrachtung stehen dabei zwei Typen von Stahlschutzeinrichtungen, denen nach [BÜRKLE] eine besondere Bedeutung zukommt: „Einfache Schutzplanke“ (ESP) und „Einfache Distanzschutzplanke“ (EDSP).

3 Ausgangslage

Um die Sicherheit für Motorradfahrer beim Anprall an Schutzeinrichtungen erhöhen zu können, ist es zunächst erforderlich, den Ablauf entsprechender Unfälle zu analysieren. Dabei ist es sinnvoll, sich auf Alleinunfälle (Unfälle, bei denen kein zweites Fahrzeug beteiligt ist) mit Anprall an eine Schutzeinrichtung zu konzentrieren. Andernfalls wäre die Unfallkonstellation zu kompliziert und die Zahl der Einflussfaktoren zu hoch, um sie der Auslegung einer Schutzeinrichtung zugrunde zu legen. Darüber hinaus kommt bei Motorrad-Schutzeinrichtungsunfällen den Alleinunfällen eine besondere Bedeutung zu, da unter diesen Voraussetzungen häufig die Schutzeinrichtung die primäre Verletzungsursache darstellt. In diesen Fällen hat die Gestaltung der Schutzeinrichtung auf die Verletzungsschwere besonders hohen Einfluss, d. h. bei Alleinunfällen liegt ein hohes Verbesserungspotenzial

vor. Außerdem lassen sich bei Alleinunfällen Verletzungsart und Eigenschaft der Schutzeinrichtung zuordnen.

Erstmals wurde diese Methode in Deutschland an der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg im Auftrag eines Herstellers von Stahlschutzplanken durchgeführt. Am dortigen Institut für Rechtsmedizin ließ man „postmortale Testobjekte“ gegen verschieden geformte Schutzplankenpfosten prallen und wertete die auftretenden Verletzungen aus [SCHMIDT]. Als Ergebniss zeigte sich, dass Sigma-Pfosten eine nachweisbar geringere Formaggressivität als die traditionell verwendeten IPE-Pfosten haben. Die Einführung des Sigma-Pfostens stellt somit den ersten Schritt zu einem verringerten Verletzungsrisiko für Motorradfahrer beim Anprall an eine Stahlschutzeinrichtung dar. Ein systematischer Austausch aller IPE-Pfosten durch Sigma-Pfosten fand jedoch nicht statt, dies hätte den Abriss und Neuinstallation nahezu aller Schutzeinrichtungen in Deutschland bedeutet. Der Sigma-Pfosten hat sich aber durchgesetzt und kommt aufgrund der Einführung der TL-SP 99 [TL-SP] spätestens seit 1999 bei Neuaufrichtungen und Reparaturen nahezu ausschließlich zum Einsatz. Schutzeinrichtungen mit Sigma-Pfosten überwiegen zwar deutlich, IPE-Pfosten finden sich aber noch immer im Bestand. In diesen Fällen handelt es sich jedoch im Regelfall um alte Schutzplanken, an denen kein Reparaturbedarf entstanden ist. Folglich befinden sich diese nicht an kritischen Streckenabschnitten, zumindest für Pkw.

Ein zweiter wichtiger Schritt bestand in der Einführung von Schutzplankenummantelungen (SPU). Dabei handelt es sich um anpralldämpfende Hülsen aus geschäumtem Kunststoff, die die Pfosten umhüllen und einem Anprall an die Pfosten durch kontrollierten Energieabbau einen Teil der Anprallwucht nehmen.

In [BÜRKLE] wurde im Auftrag und unter Betreuung der Bundesanstalt für Straßenwesen erstmals das Zusammenwirken von Schutzeinrichtung, Motorrad und Aufsasse bei Alleinunfällen mit Anprall an eine Schutzeinrichtung untersucht.

Bei der unfallanalytischen Untersuchung zeigte sich, allerdings auf der statistisch sehr dünnen Grundlage von 36 voll rekonstruierten Motorradunfällen, dass rutschend und aufrecht (d. h. noch auf dem aufgerichteten Motorrad sitzend) anprallende Motorradfahrer etwa gleich häufig auftreten. Dieses zunächst überraschende Ergebnis lässt sich für Al-

leinunfälle anhand der Fahrphysik von Motorrädern zumindest plausibel machen. Durchfährt ein Motorradfahrer eine Kurve mit zu hoher Geschwindigkeit, so wird er zunächst aus der Kurve getragen. Wenn nicht mehr genügend Platz zum Bremsen zur Verfügung steht, besteht die einzig wirksame Maßnahme daraus, die Angst vor einem Sturz zu überwinden und die Schräglage zu erhöhen. Gelingt dies nicht oder lässt sich die Schräglage nicht mehr erhöhen, wird das Motorrad aus der Kurve getragen und der Fahrer prallt aufrecht gegen die Schutzeinrichtung. Hinzu kommt die Tendenz eines Motorrades, sich beim Bremsen aufzurichten.

Weiter zeigte sich in [BÜRKLE], dass das Verletzungsrisiko für Motorradfahrer beim Anprall an eine Betonschutzwand geringer ist als beim Anprall an eine Stahlschutzplanke. Für Motorradaufsassen verhält es sich tendenziell also gerade umgekehrt wie für Pkw-Insassen, zumindest wenn die bei Anprallprüfungen nach DIN EN 1317 gemessenen Anprallheftigkeiten zugrunde gelegt werden. Während für Pkw die Nachgiebigkeit der Schutzeinrichtung für die Anprallheftigkeit maßgebend ist, verhalten sich alle Schutzeinrichtungen für Motorradfahrer nahezu starr, da der Anprall auf einem geringeren Energieniveau abläuft. Die Vorteilhaftigkeit der Betonschutzwände für den Motorradfahrer liegt in deren geschlossener Oberfläche begründet, die ein verhakungsfreies Abgleiten ermöglicht.

Das dritte wichtige Ergebnis von [BÜRKLE] bestand in der Entwicklung eines Prototyps einer Schutzeinrichtung mit verringertem Verletzungsrisiko für Motorradfahrer, des „Kastenprofils mit Unterfahrerschutz“ (siehe Bild 3). Mit diesem Prototyp wurde erstmals in Deutschland ein durchgängiger flächiger Unterzug aus Stahlblech zur Abdeckung



Bild 3: Prototyp einer Schutzeinrichtung mit verringertem Verletzungsrisiko für Motorradfahrer „Kastenprofil mit Unterfahrerschutz“ nach [BÜRKLE]

der Schutzplankenpfosten eingeführt. Die Form dieses Unterzuges ist bis heute Stand der Technik. Darüber hinaus wurden die Pfostenköpfe durch einen übergestülpten Holm mit Kastenprofil für den aufrechten Anprall entschärft.

Dieser Prototyp fand in der Praxis jedoch keine Anwendung, abgesehen von Pilotstrecken. Dies liegt zum einen darin begründet, dass die Komponenten dieses Prototyps sich nicht an bestehenden Schutzeinrichtungen nachrüsten lassen, sondern eine aufwändige und teure Neuinstallation erforderlich wird. Zum Zweiten erwies sich die Verwendung des steifen Kastenprofil-Holms in engen Kurven als unpraktikabel (Holme im Kastenprofil sind nicht als vorgebogene Variante erhältlich).

Um die Praxisprobleme der Konstruktion „Kastenprofil mit Unterfahrschutz“ zu kompensieren, wurde in Zusammenarbeit der Niederlassung Euskirchen von Straßen NRW und eines Stahlschutzplankenherstellers das so genannte „System Euskirchen“ entwickelt. Ziel war es, Komponenten für den Motorradfahrerschutz zu entwickeln, die sich an bestehenden Schutzeinrichtungen nachrüsten lassen. Dazu wurde der Unterfahrschutz des „Kastenprofils mit Unterfahrschutz“ übernommen, die Aufhängung jedoch so geändert, dass er sich problemlos an eine bestehende „Einfache Schutzplanke“ (ESP) anbringen lässt. Die Abdeckung der Pfostenköpfe durch den Kastenprofil-Holm ließ sich nicht ohne weiteres nachrüstfreundlich umgestalten, daher wurde auf einen Schutz für den aufrechten Anprall verzichtet.

Beide Konstruktionen mit verringertem Verletzungsrisiko für Motorradfahrer, „Kastenprofil mit Unterfahrschutz“ und „System Euskirchen“, wurden bei Anprallprüfungen hinsichtlich ihrer Eignung für Pkw-Insassen untersucht [KLÖCKNER, ifz]. Die Prüfungen verliefen in beiden Fällen unbefriedigend. Beim „Kastenprofil mit Unterfahrschutz“ trat aufgrund des geringen Pfostenabstandes von 2 m und der hohen Steifigkeit des Kastenprofil-Holms eine unzulässig hohe Insassenbelastung auf. Beim „System Euskirchen“ durchschlug eine Lasche der Aufhängung des Unterfahrschutzes eines der Seitenfenster, was eine Gefährdung der Insassen darstellt, und der Holm der ESP wurde bis auf den Boden heruntergezogen, wodurch deren Rückhaltefähigkeit, als ohnehin schwächste in Deutschland zulässige Schutzeinrichtung, abgesenkt wird [KLÖCKNER].

Neben diesen unbefriedigenden Ergebnissen war eine Weiter- bzw. Neuentwicklung von Schutzeinrichtungen mit verringertem Verletzungsrisiko für Motorradfahrer vor allem aus zwei Gründen erforderlich:

- Es war keine nachrüstbare Lösung für die Distanzschutzplanken (EDSP) verfügbar.
- Es war kein nachrüstbarer Schutz für den aufrechten Anprall verfügbar.

Vor diesem Hintergrund wurde seitens der BASt ein Forschungsprojekt initiiert und mit Geldern des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung finanziert [GÄRTNER]. Das Projekt wurde von DEKRA Automobil GmbH als Forschungsnehmer durchgeführt und von einem Expertenkreis, bestehend aus Vertretern aus der BASt, der Industrie sowie den Straßenbauverwaltungen der Länder, intensiv betreut.

In dem Projekt wurden im ersten Schritt die auf dem europäischen Markt verfügbaren Nachrüstkomponenten für eine für Motorradfahrer risikoärmere Gestaltung von Schutzplanken untereinander und mit eigenen Ansätzen verglichen. Die Variante, die als erfolgversprechendste eingeschätzt wurde, wurde im zweiten Schritt mittels Anprallversuchen mit Motorrad und Dummy geprüft, wobei die aus [BÜRKLE] bekannte Methodik aufgegriffen wurde. Das wichtigste Ergebnis dieses Projekts bestand in der Entwicklung des „Systems EuskirchenPlus“, nachrüstfähiger Komponenten für die Einfache Schutzplanke ESP und Einfache Distanzschutzplanke EDSP, die die Sicherheit für Motorradfahrer beim Anprall signifikant verbessert. Ein zweites wichtiges Ergebnis bestand darin, dass auch Grenzen der Leistungsfähigkeit dieser Nachrüstkomponenten aufgezeigt wurden. Das Risiko für Motorradfahrer, sich beim Anprall zu verletzen, bleibt hoch, es lässt sich lediglich die Verletzungsschwere senken.

3.1 Anforderungen für Motorradfahrer

Für die auftretenden schweren Verletzungen von Motorradfahrern beim Anprall an Schutzeinrichtungen sind verschiedene Faktoren verantwortlich:

- Es fehlt eine energieabsorbierende „Knautschzone“.
- Die Kräfte wirken unkontrolliert auf den Verunfallten ein.

- Sekundärkollisionen mit dem eigenen Motorrad oder anderen am Unfall beteiligten Fahrzeugen nach Rückprall von der Schutzplanke sind zu erwarten.
- Der Energieabbau konzentriert sich auf eine geringe Anprallfläche.
- Der Motorradfahrer verhakt sich in der Schutzplanke.

Während bei einem anprallenden Pkw Deformationszonen für eine Absenkung der auftretenden Beschleunigungskräfte und Sicherheitsgurt, Kopfstütze sowie ggf. Airbags für eine kontrollierte Weitergabe der wirkenden Kräfte sorgen, stehen diese Sicherheitsinstrumente einem Motorradfahrer nicht zur Verfügung. Die gesamte Anprallenergie muss der Motorradfahrer mit seinem eigenen Körper abbauen, lediglich unterstützt von seiner Schutzkleidung. Für einen Motorradfahrer verhält sich jede Schutzeinrichtung starr (siehe auch Kapitel 3), sodass ein Energieabbau durch Komponenten der Schutzeinrichtung nur innerhalb des vorgegebenen starren Rahmens erfolgen kann. Dies könnte allenfalls durch den Einbau von Deformationszonen in die hier betrachteten Schutzeinrichtung (ESP und EDSP) erreicht werden. Eine solche Deformationszone ist innerhalb des engen Rahmens einer ESP (Breite ca. 18 cm) selbst bei gleichzeitig großflächiger Abdeckung der Pfosten (s. u.) nicht möglich. Im Fall der EDSP mit einer Breite von ca. 50 cm sind zunächst bessere Voraussetzungen gegeben. Eine solche Deformationszone müsste sehr weich ausgelegt werden, um auf dem relativ geringen Energieniveau anprallender Motorradfahrer in gewünschter Weise wirksam zu werden. Dies führt zur Gefahr unkontrollierter Deformationen aufgrund des streifenden Anpralls von Pkw, durch den Winterdienst oder durch das anprallende Motorrad. Als Folge besteht die Gefahr, dass solche Deformationen Spalten oder Lücken nach sich ziehen, an denen Motorradfahrer sich verhaken können und somit erheblich gefährdet werden. Zudem würden die Nachrüstkomponenten aufwändiger in Herstellung, Montage und Wartung, wodurch die Verbreitung solcher Systeme gehemmt wird. Liegen mehr Erfahrungen mit den derzeit verfügbaren Konstruktionen vor, könnte dieser Aspekt für eine Weiterentwicklung ins Auge gefasst und entsprechende Anforderungen formuliert werden.

Für den Anprall von Motorrädern an Schutzplanken sind viele Konstellationen denkbar. Motorradfahrer können in verschiedenen Winkeln und Positionen

gegen verschiedene Teile einer Schutzplanke prallen. Die Kräfte können daher ganz unterschiedlich angreifen, und eine kontrollierte Weiterleitung der Kräfte auf den Aufsassen, in Analogie zum Sicherheitsgurt, ist nach derzeitigem Stand nicht möglich. Entsprechende Sicherheitseinrichtungen sind üblicherweise bei Motorrädern nicht vorhanden, und es ist zu vermuten, dass ein großer Einfluss auch der Form des Motorrads und der Sitzposition des Aufsassens zukommt. Es ist unmittelbar einsichtig, dass sich diese Faktoren nicht durch konstruktive Maßnahmen an einer Schutzeinrichtung beeinflussen lassen, es wird daher an dieser Stelle nicht weiter darauf eingegangen.

Das Rückprallverhalten des Motorradfahrers lässt sich zwar beeinflussen, das mögliche Wechselspiel mit weiteren Fahrzeugen ist jedoch so vielgestaltig, dass eine gezielte Einstellung dieses Verhaltens kaum möglich ist. In [GÄRTNER] wird zwar das anprallende Motorrad in die Versuche mit einbezogen, jedoch wird jeweils nur exemplarisch eine mögliche Anprallkonstellation nachgestellt. Werden Probleme beobachtet, wie z. B. bei der Trennung von Motorrad und Fahrer (siehe auch [GÄRTNER]), so liefert diese Vorgehensweise wichtige Hinweise, werden jedoch keine Probleme beobachtet, so kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei anderen Unfallkonstellationen solche dennoch auftreten können. In jedem Fall geben Anprallversuche mit realen Motorrädern wertvollen Aufschluss darüber, ob die Systemkomponenten richtig dimensioniert sind, und liefern wertvolle Hinweise auf mögliche Versagensmechanismen. Um das Rückprallverhalten für möglichst viele denkbare Unfallkonstellationen günstig zu beeinflussen, kann nur der Ansatz verfolgt werden, möglichst viel Energie des anprallenden Motorrads abzubauen und damit die Rückprallgeschwindigkeit möglichst niedrig zu halten. Das Hauptaugenmerk gilt jedoch dem Aufsassen.

Als einfacher Indikator für die auf einen Motorradfahrer einwirkenden Kräfte lässt sich die flächenbezogene Energiedichte

$$e = E/A,$$

e: flächenbezogene Energiedichte,

E: Anprallenergie,

A: Anprallfläche,

heranziehen. Die Anprallenergie lässt sich durch das Design der Schutzeinrichtung nicht beeinflussen, wohl aber die Anprallfläche. Um die Energie-

dichte zu verringern, muss die Anprallfläche möglichst vergrößert werden. Eine Schutzeinrichtung mit verringertem Verletzungsrisiko für Motorradfahrer sollte daher schmale Komponenten (z. B. Pfosten, Distanzstücke) möglichst großflächig abdecken, um den Energieabbau auf eine möglichst große Kontaktfläche zwischen Körper und Schutzeinrichtung zu verteilen.

Dem Abgleiten des anprallenden Körpers kommt bei der Funktionsweise einer Schutzeinrichtung entscheidende Bedeutung zu. Die erwünschte Wirkungsweise bei Pkw-Anprall der hier betrachteten Schutzplanken besteht in der Ausbildung eines elastischen Bandes (Holm), welches das Fahrzeug verhakungsfrei zurück auf die Fahrbahn führt [KLÖCKNER]. Die Energie, die mit der Bewegung längs des Holmes verbunden ist, verbleibt im Fahrzeug und muss beim Anprall nicht kompensiert werden. Durch diesen Trick wird die Insassenbelastung deutlich gesenkt und die seitliche Auslenkung der Schutzplanke begrenzt. Bild 4 zeigt die Bedeutung dieses Tricks für die Reduktion der Anprallenergie. Während bei sehr kleinen Winkeln (streifender Anprall) nahezu die gesamte Energie im Fahrzeug bleibt, wird bei einem Anprall unter 90° die kinetische Energie zu 100 % wirksam, da das Fahrzeug nicht abgleiten kann. Bei einem für Motorradfahrer realistischen Anprallwinkel von 30° kann etwa die wirksame Anprallenergie um rund 75 % gesenkt werden, sofern es gelingt, ein verhakungsfreies Abgleiten zu gewährleisten.

Das Abgleiten bringt auch für anprallende Motorradfahrer einen erheblichen Nutzen. Um dies zu ermöglichen, muss die Abdeckung schmaler Komponenten nicht nur großflächig, sondern durchgängig

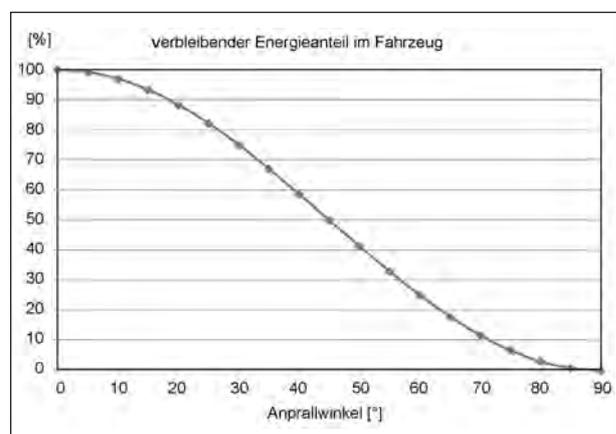


Bild 4: Prozentualer Anteil der kinetischen Energie, der beim Abgleiten im Fahrzeug verbleibt, in Abhängigkeit vom Anprallwinkel (Reibung vernachlässigt)

sein. Eine Schutzeinrichtung mit verringertem Verletzungsrisiko für Motorradfahrer sollte daher eine möglichst vollständig geschlossene glatte Oberfläche aufweisen. Dabei ist „glatt“ im Sinne eines gleichbleibenden sinnvoll gewählten Reibungskoeffizienten zu verstehen.

In Verbindung mit den in Kapitel 3 diskutierten Anprallkonstellationen müssen für den rutschenden wie für den aufrechten Anprall folgende Anforderungen in absteigender Priorität durch eine Schutzeinrichtung mit verringertem Verletzungsrisiko für Motorradfahrer erfüllt werden:

- Aufsasse muss verhakungsfrei abgleiten können.
- Primäre Anprallfläche muss möglichst groß sein.
- Energieabsorption für Motorradfahrer soll möglichst groß sein.
- Fahrer und Motorrad sollen beim Anprall getrennt werden.

Damit sind die Anforderungen aus Sicht der Motorradfahrer festgelegt. Für Pkw-Insassen gilt, dass das Verhalten bei Anprallprüfungen nach DIN EN 1317 ihre Sicherheit nicht in Frage stellen darf.

3.2 Anforderung für Pkw-Insassen

Eine ausführliche Behandlung der Prüfnorm DIN EN 1317, Teile 1 bis 4 findet sich in [ELLMERS] und [KLÖCKNER]. Hier werden im Folgenden nur die für dieses Projekt relevanten Ausschnitte aus den Teilen 1 und 2 umrissen.

Schutzeinrichtungen für den Schutz von Pkw-Insassen müssen in Deutschland die Aufhaltstufe N2 erfüllen [RPS]. Eine Ausnahme bilden dabei die Autobahnen, die jedoch im Unfallgeschehen mit Motorradfahrern nicht relevant sind [ASSING]. Zur Erlangung dieser Aufhaltstufe ist es erforderlich, zwei Anprallprüfungen (Crashtests) mit Pkw zu bestehen: TB 11 und TB 32. „TB“ steht dabei für „Test Barrier“, die erste Ziffer steht für die Masse des Testfahrzeugs (1: leichtestes Fzg, 2: zweit leichtestes usw.), die zweite Ziffer steht für die Anprallenergie innerhalb der Fahrzeugklasse (1: geringste En., 2: zweit geringste En. usw.). Die Anprallenergie wird durch unterschiedliche Anprallgeschwindigkeiten und -winkel innerhalb einer Fahrzeugklasse variiert.

Die Bezeichnung „TB 11“ ist beispielsweise wie folgt zu lesen:

TB: Test Barrier: Prüfung einer Schutzeinrichtung nach Teil 1 und Teil 2 der EN 1317,

1: leichtestes Testfahrzeug (900 kg),

1: geringste definierte Anprallenergie für 900-kg-Fahrzeuge.

Die DIN EN 1317 legt für TB-Prüfungen mit dem leichtesten Fahrzeug nur eine Energiestufe fest. Das Charakteristische dieser Prüfung liegt daher in der geringen Fahrzeugmasse. Pkw mit einer Masse von 900 kg sind kleine Fahrzeuge und es ist auch ohne detaillierte Kenntnisse der DIN EN 1317 naheliegend, dass sich bei dieser Prüfung mögliche Insassengefährdungen besonders deutlich zeigen. Tatsächlich ist die Prüfung TB 11 die Standardprüfung der EN 1317 für die Insassensicherheit. (Neuere Prüfergebnisse weisen darauf hin, dass bei Schutzeinrichtungen mit sehr hohem Aufhaltevermögen andere Pkw-Prüfungen sensitiver hinsichtlich der Insassenbelastung sein könnten. Solche Schutzeinrichtungen werden hier aber nicht betrachtet.)

Entsprechend deutet die Bezeichnung TB 32 darauf hin, dass es sich um eine Anprallprüfung mit einem schweren Pkw (1.500 kg) und hoher Anprallenergie (110 km/h) handelt. Bei dieser Prüfung steht die Frage im Vordergrund, ob die Schutzeinrichtung in der Lage ist, auch schnelle und schwere Pkw sicher aufzuhalten und welcher Deformationsraum hinter der Schutzplanke dafür zur Verfügung stehen muss.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die wesentlichen Testparameter.

Die Abnahmekriterien sind für beide Prüfungen gleich und lassen sich vereinfacht wie folgt zusammenfassen:

- Das Fahrzeug darf die Schutzeinrichtung nicht überqueren.
- Kein Hauptelement (z. B. Holm) der Schutzeinrichtung darf brechen.
- Das Fahrzeug darf sich nicht überschlagen.

	Masse Testfahrzeug	Anprallgeschwindigkeit	Anprallwinkel
TB 11	900 kg	100 km/h	20°
TB 32	1.500 kg	110 km/h	20°

Tab. 1: Testparameter TB 11 und TB 32

- Das Fahrzeug muss beim Rückprall innerhalb eines festgelegten Korridors bleiben („CEN-Box“).
- Die auf der Grundlage der Fahrzeugbeschleunigungen berechneten Anprallheftigkeitsindizes dürfen die Grenzwerte nicht überschreiten.
- Es dürfen sich keine Teile von der Schutzeinrichtung lösen, die Dritte übermäßig gefährden können.
- Es dürfen keine Teile der Schutzeinrichtung in das Fahrzeuginnere eindringen und die Insassen gefährden.
- Der Verformungsbereich der Schutzeinrichtung darf nicht zu groß werden.

Um die Erfüllung der oben genannten Anforderungen für „Einfache Schutzplanken“ und „Einfache Distanzschutzplanken“ nach erfolgter Nachrüstung durch die EuskirchenPlus-Komponenten zu prüfen, sind die oben erläuterten Anprallprüfungen nach DIN EN 1317 durchzuführen.

3.3 EuskirchenPlus für ESP/EDSP

Wie bereits in Kapitel 3 erläutert, wurden in [GÄRTNER] Nachrüstkomponenten für die Schutzeinrichtungstypen ESP und EDSP entwickelt, die das Verletzungsrisiko für Motorradfahrer senken. Bild 5 zeigt ausgewählte Zeichnungen des Systems aus [GÄRTNER].

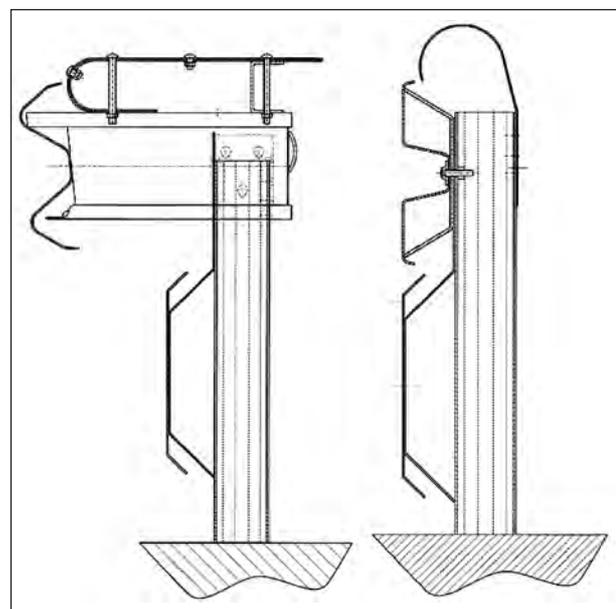


Bild 5: System EuskirchenPlus nach [GÄRTNER]

In [GÄRTNER] wurde diese Konstruktion anhand von Anprallversuchen mit Motorrädern und Aufsassen entwickelt, die Eignung für Pkw-Insassen wurde anhand von Erfahrungswerten durch den betreuenden Expertenkreis eingeschätzt. Gegenüber dem bekannten System Euskirchen wurden für die Anwendung an der ESP drei wesentliche Änderungen vorgenommen: Die Aufhängung wurde verändert, die Anordnung der Schrauben im Unterzug wurde verändert, und es wurde ein Oberzug hinzugefügt. Für die EDSP handelt es sich um eine Neuentwicklung.

Das Abgleiten eines Motorradfahrers wird durch den durchgehenden Ober- wie Unterzug ermöglicht. Die Schrauben wurden so angeordnet, dass ein Aufklaffen der Bleche des Unter- wie Oberzugs wirksam unterdrückt wird. Dadurch wird sichergestellt, dass das Abgleiten verhakungsfrei erfolgen kann.

Ober- und Unterzug stellen ebenfalls eine große primäre Anprallfläche sicher. Die Verwendung von Lochblech im Oberzug ist dabei vor allem der Trennung von Aufsasse und Motorrad geschuldet [GÄRTNER]. Die dadurch in Kauf genommene Flächenreduzierung führt, Schutzkleidung (mit Protektoren) vorausgesetzt, zu keinem signifikant erhöhtem Verletzungsrisiko. Dies zeigt der Vergleich der Versuche an den Oberzügen der EDSP als geschlossene Stahlblechkonstruktion und als Lochblechkonstruktion, die in [GÄRTNER] beschrieben werden.

Energieabbau erfolgt beim Unterfahrerschutz durch Deformation des Unterzugs aus Stahlblech, d. h., der Unterzug biegt sich zwischen zwei Pfosten durch. Hier muss die Längssteifigkeit, die aus der Materialstärke des Unterzugs sowie Art und Abstand der Befestigungen resultiert, geeignet eingestellt werden. Bei zu steifer Auslegung erfolgt kein wirksamer Energieabbau. Da der Motorradfahrer durch den Unterzug geführt wird, kann dies bei zu weicher Auslegung zu unerwünscht großen Abprallwinkeln führen. Kapitel 7 in [GÄRTNER] zeigt, dass hier bei EuskirchenPlus eine geeignete Dimensionierung erarbeitet wurde. Beim Oberzug gestaltet sich der Energieabbau noch schwieriger, da es sich um eine Abdeckung von oben handelt, der Energieabbau daher vorwiegend durch Reibung erfolgt.

Eine geeignete Auslegung der Reibung des Oberzugs von EuskirchenPlus gelang nicht auf Anhieb, und eine Auslegung so, dass Motorrad und Aufsasse ohne Gefährdung des Aufsassen getrennt werden, ließ sich mit dem Ansatz der Nachrüstkompo-

nenten nicht vollständig realisieren [GÄRTNER]. Ohnehin ließe sich eine erfolgreiche Trennung im Versuch nicht ohne weiteres auf alle Anprallkonstellation im Unfallgeschehen übertragen.

Die Energieabsorption des Motorrads gelang kaum beim System EuskirchenPlus und ist auch nicht beim System Euskirchen zu erwarten. Hier bieten ESP und EDSP ohne Zusatzkomponenten sogar Vorteile, da das Motorrad sich in der Schutzplanke ohne Ober- und Unterzug verklemmen kann [BÜRKLE].

Die gute Erfüllung der wichtigeren ersten drei Anforderungen überkompensiert die Schwächen in den letzten beiden Anforderungen, sodass das System EuskirchenPlus den Anforderungen an eine Schutzeinrichtung mit verringertem Verletzungsrisiko für Motorradfahrer gerecht wird.

3.4 Zielstellung

Das vorliegende Projekt setzt auf diesem Stand auf und hat das Ziel, die Tauglichkeit von „EuskirchenPlus“ für anprallende Pkw zu untersuchen und ggf. durch konstruktive Änderungen herzustellen.

4 Anprallprüfungen an und Weiterentwicklung von EuskirchenPlus

4.1 Durchführung der Anprallprüfungen

Die Prüfungen fanden in Eggebek auf einem ehemaligen Militärflughafen in Schleswig Holstein statt. Das Testfahrzeug nähert sich der Schutzeinrichtung auf einer befestigten Anfahrbahn im Winkel von 20° zur Flucht der Vorderkante der Schutzeinrichtung, entsprechend den Vorgaben der Norm.

Für die kontrollierte Bewegung des Testfahrzeugs auf der vorgegebenen Anfahrbahn und die Einhaltung der festgelegten Anprallgeschwindigkeit werden zwei verschiedene Fahrzeug-Führungssysteme des DEKRA verwendet. In beiden Fällen wird das Testfahrzeug mit eigener Motorkraft auf die vorgegebene Anprallgeschwindigkeit beschleunigt. Bei der optischen Fahrzeugführung wird ständig über eine auf der Fahrbahn verlegte weiße Markierungsfolie optisch kontrolliert geführt und die gewählte Anfahrsprur eingehalten. Bei der mechanischen

Fahrzeugführung wird die Geschwindigkeit über eine Peiseler-Nabe gemessen und laterale Abweichungen vom Anfahrweg durch die Zwangsführung eines Zapfens im Bereich der Fahrzeugfront in einem Schienensystem unterdrückt. Das Fahrzeug durchfährt bei beiden Systemen kurz vor Anprall an die Schutzeinrichtung eine Lichtschranke, die das komplette System freigibt und ggf. an der Zwangsführung der Schiene endet, d. h., es besteht keine weitere Einwirkung mehr von außen auf das Fahrzeug – lediglich die Schutzeinrichtung beeinflusst den weiteren Verlauf der Prüfung.

Sobald das Fahrzeug die so genannte „Box“ passiert hat, wird es mittels Fernsteuerung abgebremst.

Anfahrbahn und Abprallbereich sind befestigt (Betonplatten). Die Schutzeinrichtung wird in einem 2 m breiten Streifen mit (verdichtetem) Sandboden errichtet. Entsprechend der in Deutschland üblichen Bauweise beträgt der Abstand zwischen dem Rand der befestigten Fläche und der Vorderkante der Schutzeinrichtung 50 cm. Der weiche Sandboden wurde gewählt, um die Auswirkungen des Systems EuskirchenPlus auf das Verhalten der Schutzplanke möglichst groß werden zu lassen. Im weichen Boden kann der Unterzug sich leicht eingraben. Der Oberzug wird besonders belastet, da der Widerstand der Pfosten durch die Nachgiebigkeit des Sandbodens abgesenkt wird. Die Prüfung auf Sandboden stellt somit die Prüfung im ungünstigen Umfeld dar, wodurch die spätere Übertragung der Ergebnisse auf andere Einbausituationen leichter fällt.

Die wichtigsten Vorgaben und Anforderungen der Norm DIN EN 1317, die der Prüfung zugrunde liegt, finden sich in Kapitel 3.1.

4.2 Anprallprüfungen an EuskirchenPlus-EDSP

Die Schutzeinrichtung EDSP wurde entsprechend den Vorgaben der Technischen Lieferbedingungen

für Stahlschutzplanken ([TL-SP], Zeichnung Nr. 2), mit einem Pfostenabstand von 2 m und einem Holm im Profil A über eine Länge von 60 m errichtet. Am Anfang und Ende wurde zusätzlich eine Regelabsenkung angebracht ([TL-SP], Zeichnung Nr. 17). Für den Oberzug wurden 30 Lochbleche mit einem Rastermaß von 2 m montiert, gemäß den Zeichnungen in [BÜRKLE]. Vom Unterzug wurden 15 Elemente mit einem Rastermaß von 4 m installiert, gemäß den Zeichnungen in [BÜRKLE]. Bild 6 gibt eine Übersicht über die Konstruktion.

4.2.1 Anprallprüfung TB 11

Das mechanisch geführte Testfahrzeug (Opel Corsa) prallt mit einer Masse von 900 kg unter einem Winkel von 20,5° mit der vorderen linken Fahrzeugecke bei 20,88 m an, gemessen vom Anfang der Schutzeinrichtung. Der Anprallpunkt liegt somit etwa bei 1/3 der Länge und zielt auf einen Pfosten bei 22 m (ca. 40 cm hinter Systemvorderkante). Die gemessene Anprallgeschwindigkeit betrug 100,2 km/h.

Das Fahrzeug dringt in die zunächst elastisch reagierende Schutzeinrichtung ein. Schon nach wenigen Zentimetern Eindringtiefe wird der Umlenkvorgang eingeleitet. Die Umlenkung und Rückführung des Fahrzeugs erfolgen weitgehend verhakungsfrei (siehe Bild 7). Einzig der Unterzug verhakt leicht mit dem linken Vorderrad, wodurch dieses die Luft verliert. Das Fahrzeug fährt linksseitig auf den Unterfahrerschutz auf (siehe Bild 8), löst sich aber von der Schutzeinrichtung ohne sichtbares Verhaken. Der linke vordere Reifen verliert, vermutlich aufgrund des Kontaktes mit dem Unterzug, die Luft. Das Fahrzeug behält zu jedem Zeitpunkt eine aufrechte und stabile Lage bei und verliert zu keinem Zeitpunkt den Kontakt zum Boden. Das Fahrzeug bleibt innerhalb des Abprallkorridors („CEN-Box“). Das Fahrzeug entfernt sich geradlinig und beginnt erst mit zunehmender Entfernung außerhalb der CEN-Box aufgrund des drucklosen



Bild 6: Aufbau EuskirchenPlus-EDSP auf dem Testgelände

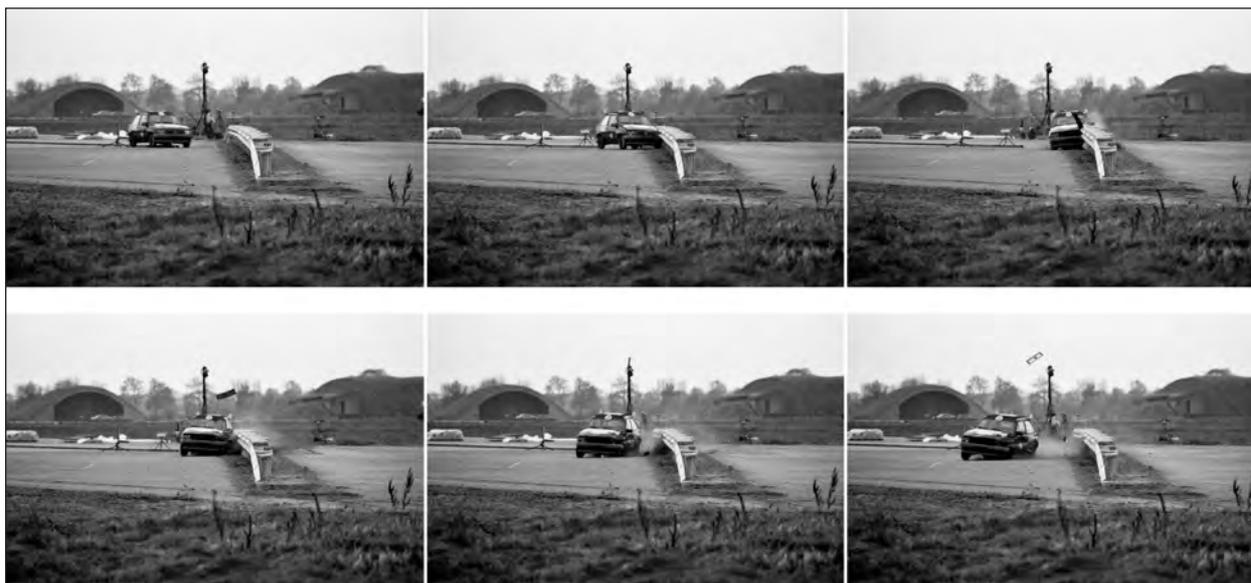


Bild 7: Anprallprüfung TB 11 an einer EuskirchenPlus-EDSP



Bild 8: Anprallprüfung TB 11 an einer EuskirchenPlus-EDSP, Pkw fährt auf Unterfahrerschutz auf

Reifens vorne links einzudrehen. Der Effekt wird durch die eingeleitete Bremsung verstärkt.

Die Schutzeinrichtung weist im Bereich der Kontaktstrecke Deformationen auf. Es hat sich kein Teil der Schutzeinrichtung vollständig gelöst.

Der Dummy schlägt am Seitenfenster an, ohne dieses zu durchschlagen.

Das Fahrzeug war nach der Prüfung nicht fahrbereit und weist Schäden über die gesamte linke Fahrzeugseite und an der linken Fahrzeugfront auf. Der Innenraum ist geringfügig beeinträchtigt, der VCDI Index lautet: LS 0000101.

Die gemessene Anprallheftigkeit weist mit den Indizes ASI = 0,75, THIV = 20,8 km/h und PHD = 18,7 g keine bedenklichen Werte auf.

4.2.2 Anprallprüfung TB 32

Das mechanisch geführte Testfahrzeug (BMW 525) prallt mit einer Masse von 1.460 kg unter einem Winkel von $20,7^\circ$ mit der vorderen linken Fahrzeugecke bei 20,74 m an, gemessen vom Anfang der Schutzeinrichtung. Der Anprallpunkt liegt somit etwa bei 1/3 der Länge und zielt auf einen Pfosten bei 22 m (ca. 40 cm hinter Systemvorderkante). Die gemessene Anprallgeschwindigkeit beträgt 115 km/h.

Ähnlich wie bei der Prüfung TB 11 dringt das Fahrzeug in die anfangs elastische, dann aber zunehmend steifer reagierende Schutzeinrichtung ein (Bild 9). Die maximale Durchbiegung des Holms der Schutzplanke ist bei dem schnelleren und schwereren Fahrzeug mehr als doppelt so groß wie bei der Prüfung TB 11. Als Folge davon fährt das Fahrzeug nicht nur auf den Unterzug auf, sondern überrollt ihn mit den beiden linken Rädern (Bild 10). Dadurch gerät das Fahrzeug in eine Zwangsführung zwischen Holm und Unterfahrerschutz. Diese Zwangsführung begünstigt zumindest, dass das Fahrzeug sich nicht verhakungsfrei von der Schutzeinrichtung lösen kann. Das vordere linke Rad bleibt am zweiten Pfosten des 8. Holms hängen und wird vollständig vom Fahrzeug abgetrennt. Dieses Hängenbleiben führt jedoch nicht zu einer unmittelbar sichtbaren Veränderung der Trajektorie. Das Fahrzeug verlässt die Schutzeinrichtung zunächst gradlinig, um dann aufgrund der vorne links durch das fehlende Rad erhöhten Reibung einzudrehen. Der Effekt wird durch die eingeleitete

Bremmung verstärkt. Das Fahrzeug behält zu jedem Zeitpunkt eine aufrechte und stabile Lage bei und verliert zu keinem Zeitpunkt den Kontakt zum Boden. Das Fahrzeug bleibt innerhalb des Abprallkorridors („CEN-Box“).

Die Schutzeinrichtung weist im Bereich der Kontaktstrecke Deformationen auf. An drei Pfosten haben sich die Distanzstücke (Pfostenklaue und Abstandhalter) vom Pfosten gelöst, bleiben aber mit Holm und Oberzug verbunden. Es hat sich kein Teil der Schutzeinrichtung vollständig gelöst.

Es befand sich kein Dummy im Fahrzeug.

Das Fahrzeug war nach der Prüfung nicht fahrbereit und weist Schäden über die gesamte linke Fahrzeugseite und an der linken Fahrzeugfront auf. Der Innenraum ist nicht beeinträchtigt, der VCDI Index lautet: LS 0001000.

Die gemessene Anprallheftigkeit weist mit den Indizes ASI = 0,86, THIV = 16,8 km/h und PHD = 16,4 g keine bedenklichen Werte auf.

Die Durchführung beider Prüfungen genügt den Vorgaben der Normen DIN EN 1317, Teil 1 (Ausga-

be Juli 1998) und Teil 2 (Ausgabe August 2006) für die Prüftypen TB 11 bzw. TB 32. Die Ergebnisse der

Prüf. Nr.	Prüftyp	Aufhalte- stufe	Wirkungs- bereich	Anprall- heftigkeit	Mindest- länge
2005 7D 23	TB 11	N2	nicht maßgebend	A	60 m
2005 7D 24	TB 32		W5	A	

Tab. 2: Einstufung des EDSP-2,0-A-Profiles mit EuskirchenPlus nach DIN EN 1317-1/2



Bild 10: Anprallprüfung TB 32 an einer EuskirchenPlus-EDSP, Pkw überrollt Unterfahrerschutz



Bild 9: Anprallprüfung TB 32 an einer EuskirchenPlus-EDSP

Prüfungen erfüllen die Anforderungen (siehe Kapitel 3.2).

Die Leistungsfähigkeit der geprüften Schutzeinrichtung EDSP 2,0 Holmprofil A mit Motorradfahrerschutzesystem EuskirchenPlus lässt sich nach DIN EN 1317-1/2 entsprechend Tabelle 2 einstuft.

4.3 Anprallprüfungen an EuskirchenPlus-ESP

Die Schutzeinrichtung ESP wurde entsprechend den Vorgaben der Technischen Lieferbedingungen für Stahlschutzplanken ([TL-SP], Zeichnung Nr. 1), mit einem Pfostenabstand von 4 m und einem Holm im Profil B über eine Länge von 60 m errichtet. Am Anfang und Ende wurde zusätzlich eine Regelabsenkung angebracht ([TL-SP], Zeichnungen Nr. 16). Für den Oberzug wurden 30 Lochbleche mit einem Rastermaß von 2 m montiert, gemäß den Zeichnungen in [GÄRTNER]. Vom Unterzug wurden 15 Elemente mit einem Rastermaß von 4 m installiert, gemäß den Zeichnungen in [GÄRTNER]. Bild 11 gibt eine Übersicht über die Konstruktion.

4.3.1 Anprallprüfung TB 11

Das mechanisch geführte Testfahrzeug (Opel Corsa) prallt mit einer Masse von 890 kg unter einem Winkel von 20,0° mit der vorderen linken Fahrzeughecke bei 17,70 m an, gemessen vom Anfang der Schutzeinrichtung. Der Anprallpunkt liegt somit etwa bei 1/3 der Länge und zielt auf Pfosten und Stoß beim Übergang vom 5. zum 6. Holm bei 20 m. Die gemessene Anprallgeschwindigkeit betrug 100,8 km/h.

Die Umlenkung des Fahrzeugs beginnt unmittelbar nach dem Erstkontakt. Die Umlenkung des Fahr-

zeugs erfolgt während der ersten etwa 110° weitgehend verhakungsfrei (siehe Bild 12). Bereits während dieser Umlenkung überrollt das Fahrzeug mit den beiden linken Rädern den Unterzug. Dadurch gerät das Fahrzeug zum einen in eine Zwangsführung zwischen Holm und Unterfahrerschutz. Zum Zweiten wird der Holm zwischen den Vorderrädern in einem Bereich zu Boden gedrückt, in dem der Zapfen der mechanischen Fahrzeugführung samt Aufhängung nur eine geringe Bodenfreiheit lässt. Es kommt zu einem Verhaken des linken Vorderrades, wodurch das Heck des Fahrzeugs von der Schutzeinrichtung weg ausbricht und das Fahrzeug aus der Schutzeinrichtung herausdreht. Der Abprallkorridor („CEN-Box“) wird nicht eingehalten.

Für das Hängenbleiben des Fahrzeugs kommen drei mögliche Ursachen in Betracht:

- Das vordere linke Rad bleibt am Pfosten des Stoßes 7/8 hängen.
- Das vordere linke Rad verhakt sich am deformierten Unterzug.
- Der Zapfen des Führungssystems verhakt sich am Unterzug.

Für das Hängenbleiben am Pfosten spricht das Deformationsbild des Pfostens (Bild 13). Der Pfosten ist tordiert und stark in Fahrtrichtung des Fahrzeugs geneigt. Die Neigung wird durch den Unterzug begrenzt, der stark in Längsrichtung verschoben wurde und sich unmittelbar hinter dem Pfosten gefaltet und in den Boden eingegraben hat (Bild 13). Durch die Faltung des Unterzuges und das Eingraben in den Boden bringt der Unterzug dem Fahrzeug ebenfalls erheblichen Widerstand entgegen. Das linke Vorderrad muss den Unterzug an dieser Stelle übersteigen, um aus der Zwangsführung auszubrechen, ein Verhaken des Vorderrades

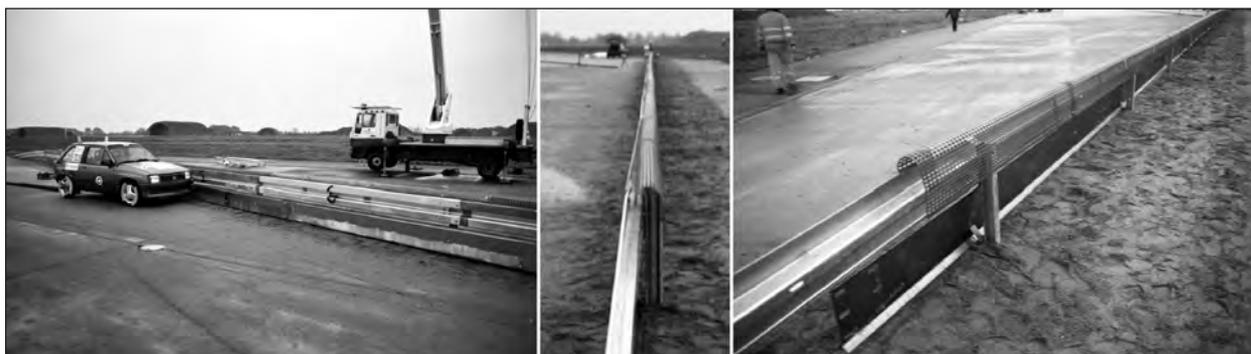


Bild 11: Aufbau EuskirchenPlus-ESP auf dem Testgelände



Bild 12: Anprallprüfung TB 11 an einer EuskirchenPlus-ESP



Bild 13: Rückwärtige Ansicht am Stoß 7/8 nach Anprallversuch

dabei ist wahrscheinlich. Nach der Prüfung kam der Zapfen der mechanischen Fahrzeugführung samt zugehöriger Aufhängung vollständig vom Fahrzeug gelöst etwa Mitte des Holms Nr. 7, also ca. 2 m vor dem fraglichen Pfosten 7/8, zu liegen (Bild 14). Das vollständige Ablösen des angeschweißten Zapfens lässt auf eine erhebliche Krafteinwirkung schließen. Diese Kraft kann nur durch Wechselwirkung mit dem Unterzug entstanden sein. Ein Verhaken des Zapfens kommt daher ebenfalls als Ursache in Betracht.

Der genaue Ablauf lässt sich Anhand der Foto- und Videodokumentation nicht zweifelsfrei erkennen. Fasst man alle Spuren zusammen, so ergibt sich jedoch ein wahrscheinlicher Ablauf. Nachdem die linken Räder den Unterzug überrollt haben, verhaken sich Unterzug und Führungszapfen. Zunächst kann der Unterzug dem drängenden Zapfen durch Längsverschiebung nachgeben. Mit zunehmender Längsverschiebung und Deformation unter dem Fahrzeug beginnt der Unterzug sich vor dem Fahrzeug zu verbiegen, schließlich zu falten und gräbt sich im Erdreich ein. Aufgrund des erhöhten Widerstands, den der Unterzug nun in Längsrichtung dem drängenden Zapfen entgegensetzt, beginnt sich die Fahrzeuglage zu destabilisieren, das Heck beginnt aufzusteigen, bis sich der Zapfen ruckartig löst. Das bereits auf diese Weise destabilisierte Fahrzeug trifft auf den Pfosten, der sich nicht wie vorgesehen umfahren lässt, da er sich rückwärtig auf dem gefalteten Unterzug abstützt. Das Fahrzeug bleibt an dem gestützten Pfosten hängen und dreht aus der Schutzeinrichtung aus.

Die Schutzeinrichtung weist im Bereich des Oberzugs nur geringe Deformationen auf. Vier Holme sind deutlich deformiert. Die größten Schäden tre-



Bild 14: Links: Ansicht Vorderseite Holm Nr. 7, nach Anprallversuch. Vor dem Unterzug ist deutlich der Führungszapfen des Fahrzeugs zu erkennen. Rechts: deformierter Führungszapfen

ten am Unterzug auf. Vier Bleche des Unterzugs sind stark deformiert, eines davon ist zu 2/3 gerissen. Alle Langlöcher im Unterzug sind vor dem Knickpunkt bis zum Anschlag geöffnet. 3 Pfosten sind tordiert und verbogen, einer nach hinten geneigt. An drei Pfosten hat die Sollbruchstelle (Befestigung des Holms am Pfosten) wie vorgesehen ausgelöst. An diesen Stellen haben sich daher jeweils ein Stützbügel, eine Lasche und eine Schraube von der Schutzeinrichtung vollständig gelöst.

Der Dummy schlägt an der Seitenscheibe an, ohne dieses zu durchschlagen.

Das Fahrzeug war nach der Prüfung nicht fahrbereit und weist Schäden über die gesamte linke Fahrzeugseite und an der linken Fahrzeugfront auf. Die rechte Seite weist leichte Schäden auf, die Motorhaube hat sich geöffnet, aber nicht gelöst. Der Innenraum ist beeinträchtigt, der VCDI-Index lautet: LS 1101001. Der Fußraum des Fahrers und die Fahrgastzelle sind deformiert.

Die gemessene Anprallheftigkeit weist mit den Indizes ASI = 0,79, THIV = 15,4 km/h und PHD = 23,2 g im Bereich des PHD unzulässig hohe Werte auf.

Der Ablauf der Prüfung wurde wahrscheinlich durch den Führungszapfen, der bei einem zugelassenen Serienfahrzeug nicht vorhanden ist, maßgeblich beeinflusst. Die Prüfung ist daher als Fehlversuch einzustufen. Die Leistungsfähigkeit nach DIN EN 1317-1/2 lässt sich nicht einstufen.

4.3.2 Auswertung der Anprallprüfung TB 11

Die Interpretation der Prüfergebnisse bereitet Schwierigkeiten, da sich das Ausmaß der Verfälschung des Fahrzeugverhaltens durch die Wechselwirkung des Führungszapfens mit dem Unterzug nicht genau bestimmen lässt. Es kann daher nicht mit letzter Sicherheit ausgeschlossen werden, dass die geprüfte Konstruktion EuskirchenPlus bei einer Prüfung unter Verwendung des optischen Fahrzeugführungssystems (also ohne Führungszapfen) den Anforderungen der DIN EN 1317 genügt hätte.

Der sich offenbarende Mechanismus, eine Zwangsführung der Räder des Pkw zwischen Holm und Unterzug herzustellen und das Vorderrad auf den Pfosten hin zu lenken, ist jedoch unerwünscht und sollte zumindest abgeschwächt werden. Die starke Deformation des Unterzuges in Längsrichtung sollte vermindert werden, um die beobachteten Faltungseffekte zu unterdrücken. Darüber hinaus zeigten sich bei Montage insbesondere des Oberzugs auf dem Testgelände Schwierigkeiten, die bei einer praktischen Anwendung in Kurvenbereichen zu deutlichen Montageerschwernissen führen würden und die daher beseitigt werden müssen. Die Montageschwierigkeiten entstehen durch eine mangelnde Lochüberdeckung im Stoßbereich. Bei den Pfosten überlappen die Bleche des Oberzugs von EuskirchenPlus und werden rückseitig mit dem Pfosten und zusätzlich untereinander verschraubt. Das äußere Blech beschreibt jedoch einen größeren Radius als das innere Blech (siehe auch Bild 5), mit der Folge, dass sich die Löcher gegeneinander

verschieben. Die Zahl der Zwangspunkte ist zu groß und die Verschraubung zweier Oberzugelemente selbst in gerader Aufstellung mühsam. Insbesondere die Verschraubung der überlappenden Oberzugbleche mit der Hinterseite des Pfostens bereitet Schwierigkeiten, da dort die Löcher in drei Lagen (2 Lagen Oberzugbleche und der Pfosten) zur Deckung gebracht werden müssen.

Bei der EuskirchenPlus-EDSP treten die Montage-schwierigkeiten sogar noch stärker zutage.

Aus den genannten Gründen ist eine konstruktive Überarbeitung der Konstruktion „EuskirchenPlus“ erforderlich.

4.4 Entwicklung der ESP-Motorrad

Um den Resultaten der Prüfung TB 11 (siehe Kapitel 4.3.1 und 4.3.2) Rechnung zu tragen, muss die Konstruktion von EuskirchenPlus so geändert werden, dass

- die Längssteifigkeit des Unterzuges erhöht wird,
- die erforderlichen Ausklinkkräfte für das Lösen des Unterzuges vom Pfosten verringert werden,
- die Montagefreundlichkeit des Oberzuges durch eine bessere Lochüberdeckung erhöht wird.

4.4.1 Entwicklung des Unterzuges für die ESP-Motorrad

Nach der Prüfung TB 11 an EuskirchenPlus zeigte sich, dass alle Langlöcher im Unterzug vor der Fal-

tung 7/8 bis zum Anschlag geöffnet waren. Die Langlöcher weisen eine Breite von 64 mm auf, so dass sich, unter Berücksichtigung der Bolzenstärke (16 mm), im Mittel je Stoß ein Längenzuwachs von 48 mm ergibt. Die Erfahrungen aus der Prüfung TB 11 zeigt, dass durch Längszug auch Stöße des Unterzuges außerhalb des unmittelbaren Kontaktbereichs zwischen Fahrzeug und Schutzplanke geöffnet (hinter Fahrzeug) bzw. geschlossen (vor Fahrzeug) werden. Im Versuch waren zwar die Stöße des Unterzuges im Bereich hinter der Faltung nicht betroffen, doch ließen sich Längsverschiebungen über die gesamten 60 m des Unterzuges nachweisen. Daraus lässt sich schließen, dass bei einem schweren Anprall, vergleichbar mit der Prüfung TB 11, die Langlöcher in etwa 15 bis 20 Stößen des Unterzuges zur Längsverschiebung beitragen, woraus sich eine untere Grenze für den Längenzuwachs von ca. 70 cm abschätzen lässt. Aus den Langlöchern erwächst daher eine erhebliche Längsinstabilität.

Die Langlöcher wurden ursprünglich als Montageerleichterung eingeführt. Bei der Montage auf dem Testgelände zeigte sich jedoch, dass eine solche Montageerleichterung nicht notwendig ist, da die Aufhängung über die Bügel eine völlig ausreichende Flexibilität aufweist. Es zeigte sich sogar im Gegenteil, dass der Unterzug zu viele Einstellmöglichkeiten und zu wenige Fixpunkte für die Montage bereithält. Die Langlöcher wurden daher durch Tropflöcher ersetzt.

Um den Montageaufwand zu reduzieren, wurde die Anzahl der Schrauben je Stoß von 6 auf 5 reduziert. Die Position der Verschraubung bleibt, im Vergleich

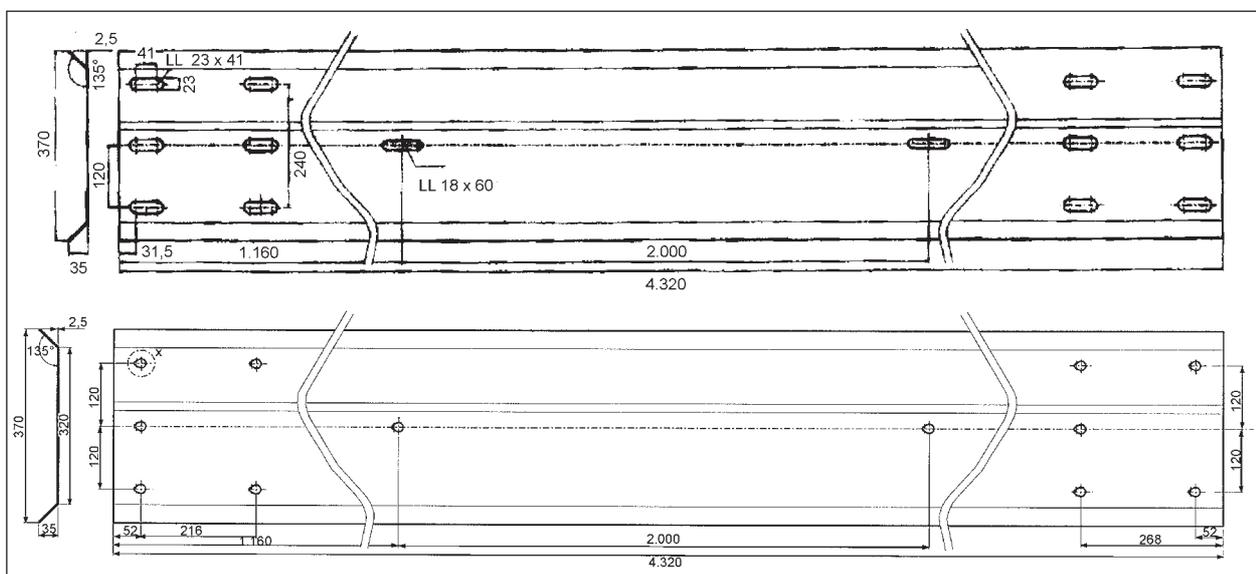


Bild 15: Schraubenlochanordnung des Unterzuges bei EuskirchenPlus (oben) [GÄRTNER] und der ESP-Motorrad (unten)

zum ursprünglichen System Euskirchen weiter zu den Rändern hin verschoben, um ein Aufklaffen des Stoßes trotz verringerter Schraubenzahl noch wirksamer zu unterdrücken. Aufklaffende Stöße führen bei anprallenden Motorradfahrern zur Gefahr des Hängenbleibens und bei anprallenden Pkw zu Angriffspunkten für die Einleitung von Längskräften, die wiederum zu den unerwünschten Längsdeformationen führen können. Bild 15 zeigt den Vergleich zwischen der Schraubenlochbildern bei EuskirchenPlus und der ESP-Motorrad.

Als weiterer unerwünschter Effekt wurde bei der TB-11-Prüfung an EuskirchenPlus eine Zwangs-

führung der anprallseitigen Räder des Pkw zu den Pfosten hin beobachtet. Um diesen Effekt zumindest abzuschwächen, müssen die Auslinkkräfte des Unterzugs vom Pfosten möglichst klein gehalten werden. Auf diese Weise können sich Unterzug und Pfosten bereits vor dem Fahrzeug trennen (vergleichbar einem Reißverschluss) und einen Weg um den Pfosten herum freigeben. Werden jedoch die Auslinkkräfte zu weit abgesenkt, treten unerwünschte Auslinkvorgänge, etwa bei einem leichten streifenden Pkw-Anprall oder durch Schneeräum- oder Mähvorgänge, auf. Der Anprall an einen bereits ausgeklinkten Unterzug kann je-

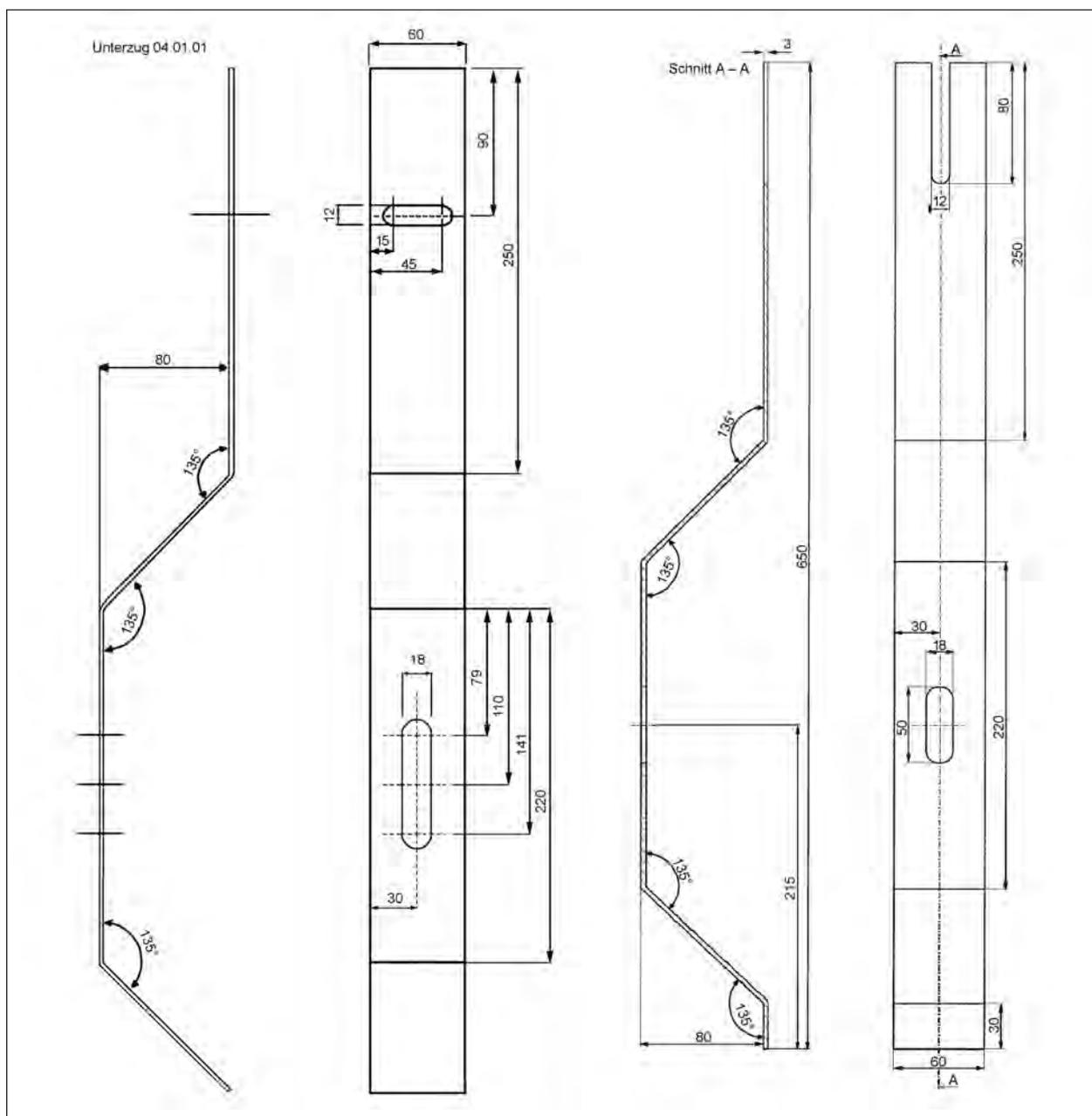


Bild 16: Aufhängebügel des Unterzugs bei EuskirchenPlus (links) und der ESP-Motorrad (rechts)

doch erhebliche Gefährdungen anprallender Motorradfahrer nach sich ziehen.

Als Ausklinkstelle ist die Verschraubung des Aufhängebügels des Unterzugs am Pfosten vorgesehen. Dieselbe Schraube fixiert auch den Holm am Pfosten und ist ohnehin als Sollbruchstelle ausgelegt. Dabei ist zu beachten, dass diese Schraube zwar bei einem Pkw-Anprall reißen und Holm und Unterzug vom Pfosten ausklinken soll, nicht jedoch bei einem Motorradfahrerprall. Eine Schwächung dieser Schraube wäre daher schon aus diesem Grund bedenklich, da die Gefahr des ungewollten Ausklinkens bei Anprall eines Motorrads wächst. Darüber hinaus würde eine Schwächung dieser Schraube einen tiefen Eingriff in das Konstruktionsprinzip der bewährten Schutzvorrichtung ESP bedeuten, was zum einen zur Gefährdung von Pkw-Insassen führen kann und zum Zweiten nicht zu dem Ansatz passt, Nachrüstkomponenten für die ESP bzw. EDSP zu entwickeln.

Aufgrund dieser Überlegung wurde nicht die Schraube, sondern der Aufhängebügel des Unterzugs überarbeitet, mit dem Ziel, gewollte Ausklinkvorgänge zu vereinfachen und ungewollte Ausklinkvorgänge zu unterdrücken. Aus diesem Grund wurde das obere Langloch des Aufhängebügels in einen oben offenen Schlitz umgewandelt. Auf diese Weise kann die Aufhängung des Unterzuges vom Pfosten abgezogen werden, ohne dass die Verschraubung brechen muss. Ein oben offener Schlitz birgt allerdings die Gefahr, dass sich aufgrund äußerer Einwirkungen (streifender Anprall, Schneepflug o. Ä.) oder im Laufe der Zeit durch Vibrationen der Unterzug absenkt, der Bügel aus der Klemmung rutscht und unerwünscht ausklinkt. Daher wurde der obere Schenkel des Aufhängebügels verlängert, sodass selbst beim Aufsetzen des Unterzuges auf dem Bankett der Bügel in der Klemmung verbleibt und keine Ausklinkung erfolgt. Bild 16 zeigt den neuen Bügel im Vergleich zu EuskirchenPlus.

Ausgehend von der Regelhöhe der Schutzvorrichtung von 75 cm wurde der Bügel so ausgelegt, dass

der Schlitz 5 cm über die Verbindungsschraube Holm-Pfosten (M10) nach oben überragt, selbst wenn sich der Unterzug absenkt und die Spitze des Bügels auf dem Boden aufsitzt. Bei sehr weichem oder tiefem Bankett ist ein tieferes Absinken des Unterzuges möglich, und es ist zweckmäßig, den Bügel im oberen geschlitzten Bereich so weit zu verlängern, dass auch bei einem tieferen Absinken die Überdeckung von 5 cm noch gewährleistet ist.

Mit diesen Veränderungen sollte den Schwächen, die sich im Anprallversuch gezeigt hatten, Rechnung getragen sein, soweit dies mit diesem konstruktiven Ansatz möglich ist.

4.4.2 Entwicklung des Oberzugs für die ESP-Motorrad

Das Verhalten des Oberzugs von EuskirchenPlus an der ESP während der Prüfung gab keinen Anlass zur Kritik. Bei der Montage auf dem Testgelände zeigten sich jedoch Probleme von erheblicher Praxisrelevanz, die einem erfolgreichen Einsatz dieses Oberzugs im Wege stehen.

Die Montageprobleme entstehen im Überlappungsbereich zweier Oberzugbleche. Das äußere Blech hat im Krümmungsbereich einen größeren Krümmungsradius als das innere Blech. Dadurch verschieben sich die Löcher relativ zueinander. Insbesondere an den Stellen, an denen beide Bleche zusätzlich noch an der Rückseite des Pfostens verschraubt werden, ist es kaum noch möglich, die drei Löcher so zur Überlappung zu bringen, dass eine Schraube hindurchgesteckt werden kann.

In einem ersten Schritt wurden die Stöße des Oberzugs von der Pfostenposition entkoppelt, sodass auf der Pfostenrückseite nur ein Blech verschraubt werden muss (siehe Bild 17). Der Schutzplankenpfosten sitzt nun jeweils in der Mitte eines Bleches des Oberzugs. Das Drei-Loch-Problem wird so auf ein Zwei-Loch-Problem reduziert.

Um die relative Lochverschiebung aufgrund des unterschiedlichen Krümmungsradius im Überlap-

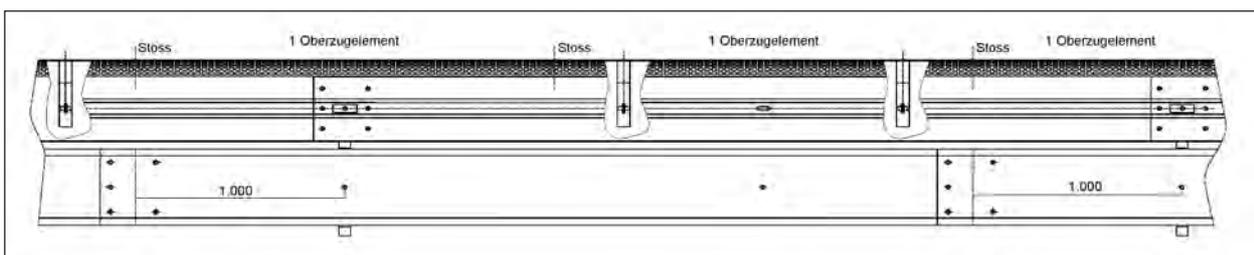


Bild 17: Anordnung der Stöße bei der ESP-Motorrad

pungsbereich zu kompensieren, wurden zwei Möglichkeiten erwogen: Verkröpfung der Bleche oder Drehung der Langlöcher eines Bleches um 90° im Stoßbereich.

Ein Verkröpfen der Bleche im Stoßbereich würde das Ineinanderstecken der Bleche vereinfachen. Angesichts einer Materialstärke von 3 mm stellt das Ineinanderstecken der Bleche jedoch kein relevantes Problem dar. Eine Relativverschiebung der Löcher ließe sich allein durch Verkröpfung jedoch nicht beseitigen, da die unterschiedlichen Radien erhalten bleiben. Zusätzlich zum Verkröpfen müssten daher die Lochpositionen für ein Blech im Stoßbereich geändert werden. Damit sind zwei zusätzliche Arbeitsschritte erforderlich: Stanzen des zusätzlichen Lochmusters im Stoßbereich, Verkröpfung.

Dreht man die Löcher eines Bleches im Stoßbereich um 90°, so kommen die Langlöcher über Kreuz zu liegen. Darüber hinaus wurden Größe und Position der Langlöcher so gewählt, dass jedes Langloch zwei kreuzende Langlöcher überdeckt (Länge eines Langlochs: 32 mm, Breite zweier querliegender Langlöcher mit Mittelsteg: 32 mm), so kommt es stets zu einer Überdeckung mit voller Breite (12 mm) der beiden Löcher. Dieser Ansatz hat zudem den Vorteil, dass nur ein zusätzlicher Arbeitsschritt erforderlich ist, nämlich das Ausstanzen des zusätzlichen Lochmusters im Stoßbereich.

Da die Begriffsbildungen wie „EuskirchenPlus-ESP – Variante 2“ umständlich und missverständlich wären („Euskirchen“ würde dann für drei Konstruktionen verwendet) wird im Folgenden die Bezeichnung ESP-Motorrad für diese neue Variante verwendet.

4.5 Anprallprüfungen an ESP-Motorrad

Um die Tauglichkeit der neu entwickelten Variante für Pkw-Insassen zu prüfen, wird die bei der Konstruktion EuskirchenPlus-ESP unbefriedigend ver-

laufende Prüfung TB 11 an der ESP-Motorrad wiederholt. Ziel ist es, nicht nur eine Verbesserung des Verhaltens bei der Prüfung TB 11 zu erzielen, sondern für die ESP-Motorrad mittels der zusätzlichen Prüfung TB 32 den Nachweis der Aufhaltstufe N2 nach DIN EN 1317 zu führen.

Für die Prüfung wurden 60 m ESP mit einem Pfostenabstand von 4 m und Holmen mit B-Profil aufgebaut (Zeichnung 1 in [TL-SP]). Am Anfang und Ende der Schutzeinrichtung wurde je eine 12-m-Regelabsenkung angebracht (Zeichnung 16 in [TL-SP]). Für den Oberzug wurden 29 Lochbleche mit einem Rastermaß von 2 m montiert. Die ersten und letzten drei Oberzugelemente wurden so abgesenkt, dass deren Oberkante unterhalb der Oberkante des Schutzplankenholms lag, um ein Hängenbleiben von Motorradfahrern an der Stirnkante des Oberzugs zu vermeiden. Vom Unterzug wurden 14 Elemente mit einem Rastermaß von 4 m installiert. Aufgrund von Lieferschwierigkeiten konnte der Prototyp leider nicht durchgängig mit Unterzugblechen und Aufhängebügeln nach 4.6.2 ausgestattet werden. Bild 18 gibt einen Überblick über den Aufbau.

Die vorgesehenen Unterzugbleche wurden im Anprallbereich (TB 11: Holm 5 bis 8, TB 32: Holm 5 bis 12) montiert, der restliche Bereich wurde mit Unterzugblechen von EuskirchenPlus ausgestattet. Diese Bleche beinhalten jedoch Langlöcher, deren Beseitigung ein wichtiger Bestandteil zur ESP-Motorrad war. Daher wurden an den Stößen, an denen Langlöcher auftraten, fünf neue Rundlöcher für die Verschraubung gebohrt. Die Löcher wurden in einem diagonalen Kreuzmuster angeordnet. An diesen Stößen kamen damit die gleiche Anzahl und der gleiche Schraubentyp zum Einsatz wie regulär für die ESP-Motorrad vorgesehen, und die verbleibenden Unterschiede beschränkten sich auf die Anordnung der Schrauben. Die sehr wichtige Gleichförmigkeit der Längssteifigkeit über den gesamten Unterzug war damit sichergestellt.



Bild 18: Aufbau ESP-Motorrad auf dem Testgelände

Es standen auch nicht genügend Aufhängebügel zur Verfügung, sodass außerhalb des Anprallbereichs (Pfosten 1/2 bis 4/5 und 13/14 und 14/15) Bügel von EuskirchenPlus montiert werden mussten. Verfälschend auf die Anprallversuche könnte sich dabei auswirken, dass die Bügel nach EuskirchenPlus ein anderes Ausklinkverhalten aufweisen als die originären Bügel für die ESP-Motorrad. Nach den Prüfungen zeigte sich jedoch, dass sich links und rechts von dem Bereich, in dem der Unterzug ausklinkte, jeweils noch mindestens ein originärer Bügel der ESP-Motorrad befand, der nicht ausgeklinkt hatte.

Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass die Prüfergebnisse durch die Hilfskonstruktionen am Prototyp nicht verfälscht wurden.

4.5.1 Anprallprüfung TB 11 an ESP-Motorrad

Das optisch geführte Testfahrzeug (Opel Corsa) prallt mit einer Masse von 902 kg unter einem Winkel von 20° mit der vorderen linken Fahrzeugecke bei 20,86 m an, gemessen vom Anfang der Schutzeinrichtung. Der Anprallpunkt liegt somit etwa bei 1/3 der Länge und zielt auf einen Bereich zwischen den Pfosten an den Holmübergängen 5/6 (bei 20 m) und 6/7 (bei 24 m). Der gewählte Anprallpunkt ermöglicht ein möglichst tiefes Eindringen der linken Fahrzeugseite in die Schutzeinrichtung und begünstigt so die Zwangsführung des Fahrzeugs zum Pfosten hin, die als kritische Eigenschaft beim TB 11 an EuskirchenPlus-ESP erkannt wurde. Die gemessene Anprallgeschwindigkeit betrug 103,4 km/h.

Nach dem Eindringen des Fahrzeugs in die elastisch reagierende Schutzeinrichtung beginnt unmittelbar die Umlenkung. Die Umlenkung verläuft zunächst gleichmäßig und verhakungsfrei (siehe Bild 19). Wie bei der Prüfung am System EuskirchenPlus-ESP überrollen die linken Räder den Unterzug, und das Fahrzeug gerät in eine Zwangsführung zwischen Holm und Unterzug. Durch den, aufgrund der beseitigten Langlöcher, in Längsrichtung deutlich steiferen Unterzug läuft eine Deformationswelle dem Fahrzeug voraus. Diese Welle löst, wie geplant, den Unterzug bereits im Vorfeld des Fahrzeugs vom Pfosten. Die Umlenkung verläuft verhakungsfrei, bis sich das Fahrzeug in Höhe des Holms 9 in Parallelstellung zur Flucht der Schutzeinrichtung befindet. Die Deformation des in Längsrichtung steiferen Unterzugs bremst das Fahrzeug zunehmend im Frontbereich ab, was zu

einer deutlich sichtbaren Entlastung der Hinterachse führt. Die Abbremsung führt dazu, dass das Ausklinken des Unterzugs zunehmend dichter vor dem Fahrzeug stattfindet (an Pfosten 9/10 ausgeklinkt, an Pfosten 10/11 nicht ausgeklinkt). Dadurch verhält sich der Unterzug zunehmend torsionssteif, wodurch wiederum der Bremseffekt verstärkt wird. Das Zusammenspiel dieser beiden Effekte führt dazu, dass beide Hinterräder des Fahrzeugs bei Erreichen des Pfostens 9/10 den Bodenkontakt verloren haben. Hinsichtlich seiner Spurstabilität ist das Fahrzeug damit weitgehend destabilisiert. Es gelingt nahezu, das Fahrzeug am Pfosten 9/10 vorbeizuführen, jedoch tritt ein Verhaken an der Vorderkante des Pfostens ein. Das Verhaken ist zu leicht, um die Sollbruchstelle (Schraubverbindung Holm/ Pfosten) auszulösen, reicht jedoch aus, das destabilisierte Fahrzeug in Rotation zu versetzen. Das Heck beginnt von der Schutzeinrichtung weg auszubrechen. Es bleibt in der Zwangsführung zwischen Holm und Unterzug, aus der es sich etwa in Höhe der Mitte des Holms 10 löst.

Ein Vergleich von Bild 19 mit Bild 12 zeigt auf den ersten Blick ein ähnliches Verhalten der ESP-Motorrad und der EuskirchenPlus-ESP. Das Herausdrehen des Fahrzeugs aus der Schutzeinrichtung geschieht jedoch bei näherem Hinsehen bei der ESP-Motorrad sichtbar später und moderater. Die Anforderungen der DIN EN 1317 an das Abprallverhalten („CEN-Box“) wird bei der ESP-Motorrad eingehalten, im Gegensatz zur EuskirchenPlus-ESP. Das Ziel, das Abprallverhalten bis in einen unkritischen Bereich hinein zu verbessern, wurde somit erreicht.

Der Kopf des Dummys schlägt an die Seitenscheibe an, ohne diese zu durchschlagen.

Insgesamt weisen 5 Holmsegmente Deformationen auf (Holme 6 bis 10), davon sind zumindest 2 Holme plastisch deformiert. 8 der Unterzugelemente (5 bis 12) zeigen Deformationen, davon zumindest 6 plastische. Der Unterzug hat sich an 5 Pfosten ganz und an einem Pfosten teilweise gelöst. 6 Pfosten wurden bleibend verformt. Der Oberzug weist nur geringe Deformationen auf und hat sich an 3 Pfosten wie geplant ausgeklinkt, die Verschraubung mit den Stützbügeln zum Holm ist durchgängig intakt, die Stützbügel sind im Bereich der Kontaktstrecke deformiert. Alle sich planmäßig lösenden Kleinteile (Schrauben, Muttern, Laschen, Unterlegscheiben und Stützbügel) wurden innerhalb des Oberzugs gefangen und kommen unterhalb des deformierten Systems zu liegen.



Bild 19: Anprallprüfung TB 11 an einer ESP-Motorrad

Das Fahrzeug war nach der Prüfung nicht fahrbereit und weist Schäden an der gesamten linken Fahrzeugseite sowie an über die gesamte Breite der Fahrzeugfront auf. Die Motorhaube ist deformiert, aber nicht geöffnet oder gelöst. Der Fahrzeuginnenraum wird nicht beeinträchtigt, der VCDI-Index lautet LS 0000000. Im Fußraum des Fahrers treten leichte Falten im Bodenblech auf.

Die gemessene Anprallheftigkeit liegt mit den Werten ASI = 0,63, THIV = 17,5 km/h und PHD = 14,6 g deutlich im zulässigen Bereich in der günstigsten Anprallheftigkeitsstufe A.

4.5.2 Anprallprüfung TB 32 an ESP-Motorrad

Das optisch geführte Testfahrzeug (BMW 520i) prallt mit einer Masse von 1.456 kg unter einem Winkel von 21° mit der vorderen linken Fahrzeugecke bei 20,48 m an, gemessen vom Anfang der Schutzeinrichtung. Der Anprallpunkt liegt somit etwa bei 1/3 der Länge und zielt auf einen Bereich zwischen den Pfosten an den Holmübergängen 5/6 (bei 20 m) und 6/7 (bei 24 m). Wie bei der Prüfung TB 11 soll eine möglichst tiefe Eindringung in die Schutzeinrichtung provoziert werden.

Das Testfahrzeug trägt bei dieser Prüfung etwa die doppelte Energie in die Schutzeinrichtung ein wie bei der Prüfung TB 11. Der Impuls des Testfahrzeugs liegt gut 80 % höher als bei der Prüfung TB 11. Entsprechend vergrößern sich die Kontaktstrecke und die Deformation der Schutzeinrichtung. Der Ablauf der Prüfung gleicht hinsichtlich der Wirkmechanismen dem Ablauf bei der Prüfung TB 11 (siehe Bild 20). Aufgrund des höheren Fahrzeugimpulses zeigen die Mechanismen jedoch geringere Wirkung, so verlieren die Hinterräder nicht den Kontakt zum Boden und das Ausbrechen des Hecks fällt entsprechend moderater aus. Vermutlich durch die höhere Geschwindigkeit wird der Unterzug nicht in gleichem Maße verdrillt wie bei der Prüfung TB 11 und das Fahrzeug wird linksseitig am Fahrzeugboden in Höhe des Holmstoßes 10/11 durch einen vertikal verbleibenden Unterzug angehoben.

Es war kein Dummy im Fahrzeug.

Insgesamt weisen 6 Holmsegmente Deformationen auf (Holme 6 bis 11), davon sind zumindest 5 Holme plastisch deformiert. 7 der Unterzugelemente (5 bis 11) zeigen plastische Deformationen. Der



Bild 20: Anprallprüfung TB 32 an einer ESP-Motorrad

Unterzug hat sich an 5 Pfosten ganz und an einem Pfosten teilweise gelöst. 11 Pfosten wurden bleibend verformt. Der Oberzug weist nur geringe Deformationen auf und hat sich an 4 Pfosten ausgeklinkt, die Verschraubung mit den Stützbügeln zum Holm ist durchgängig intakt, die Stützbügel sind im Bereich der Kontaktstrecke deformiert. Alle sich planmäßig lösenden Kleinteile (Schrauben, Muttern, Laschen, Unterlegscheiben und Stützbügel) wurden innerhalb des Oberzugs gefangen und kommen unterhalb des deformierten Systems zu liegen, mit Ausnahme zweier Stützbügel, von denen einer 1,20 m hinter der ursprünglichen Systemvorderkante innerhalb des Wirkungsbereichs zu liegen kommt. Auch dieses gelöste Teil fliegt nicht von der Schutzeinrichtung weg, sondern wird zunächst im Oberzug gefangen und auf dem Höhepunkt der Systemdeformation auf dem Boden deponiert. Der andere Stützbügel fliegt in niedriger Höhe dicht hinter der und parallel zur Hinterkante der Schutzeinrichtung. Diese Stützbügel stellen daher keine Gefährdung Dritter dar.

Das Fahrzeug war nach der Prüfung nicht fahrbereit und weist Schäden an der gesamten linken Fahrzeugseite sowie an der linken Seite der Fahr-

Prüf. Nr.	Prüfotyp	Aufhaltestufe	Wirkungsbereich	Anprallheftigkeit	Mindestlänge
2006 7D 14	TB 11	N2	nicht maßgebend	A	60 m
2006 7D 15	TB 32		W6	A	

Tab. 3: Einstufung der ESP-Motorrad nach DIN EN 1317-1/2

zeugfront auf. Die Motorhaube ist deformiert, aber nicht geöffnet oder gelöst. Die linke vordere Rad-aufhängung ist gebrochen, die Felge beschädigt und der Reifen drucklos. Der Fahrzeuginnenraum wird nicht beeinträchtigt, der VCDI-Index lautet LS 0000000. Es treten keine Deformationen im Fußraum auf.

Die gemessene Anprallheftigkeit liegt mit den Werten ASI = 0,56, THIV = 17,6 km/h und PHD = 15,1 g deutlich im zulässigen Bereich in der günstigsten Anprallheftigkeitsstufe A.

Die Durchführung beider Prüfungen genügt den Vorgaben der Normen DIN EN 1317, Teil 1 (Ausgabe Juli 1998) und Teil 2 (Ausgabe August 2006) für die Prüftypen TB 11 bzw. TB 32. Die Ergebnisse der Prüfungen erfüllen die Anforderungen (siehe Kapitel 3.2).

Die Leistungsfähigkeit der geprüften Schutzeinrichtung ESP-Motorrad, Holmprofil B lässt sich nach DIN EN 1317-1/2 entsprechend Tabelle 3 einstufen.

4.5.3 Auswertung der Anprallprüfungen an der ESP-Motorrad

Vergleicht man die Prüfung TB 11 an Euskirchen Plus-ESP mit den Prüfungen TB 11 und TB 32 an der ESP-Motorrad, so gleicht sich der prinzipielle Ablauf. Tatsächlich ist aber ein entscheidender Fortschritt erzielt worden, wie der Vergleich der TB-11-Prüfungen zeigt. Während bei EuskirchenPlus die Anprallheftigkeit unzulässig hoch war, erreicht die ESP-Motorrad die günstigste Anprallheftigkeitsstufe A. Zwar kann die Zwangsführung zwischen Unterzug und Holm konstruktionsbedingt nicht völlig beseitigt werden, doch wird sie so weit abgeschwächt, dass das Abprallverhalten im zulässigen Bereich liegt. Die Umgestaltung des Unterzuges und des Aufhängebügels zeigt dabei die gewünschte positive Wirkung.

Gleichzeitig wurden die Montageprobleme insbesondere im Oberzug beseitigt, ohne das gute Verhalten in der Anprallprüfung zu beeinträchtigen.

Insgesamt wurden alle Ziele der Weiterentwicklung von EuskirchenPlus zur ESP-Motorrad umfassend erreicht.

Die im Rahmen von [GÄRTNER] gesammelten Erfahrungen erlauben den Schluss, dass keine Beeinträchtigung der Wirksamkeit für Motorradfahrer durch die Umgestaltung zu erwarten ist.

Ergänzend ist herauszustellen, dass alle sich lösenden Kleinteile von dem Oberzug sehr wirksam gefangen wurden. Diese Teile lösen sich auch bei einem schweren Anprall von der ESP ohne Zusatzkomponenten für Motorradfahrer. Die Montage eines Oberzuges kann daher auch in solchen Situationen sinnvoll sein, in denen eine hohe Anprallgeschwindigkeit von Pkw möglich ist und sich gleichzeitig hinter der ESP ein intensiv genutzter Aufenthaltsbereich für Personen befindet.

Kritisch bleibt jedoch anzumerken, dass auch bei der ESP-Motorrad das Fahrzeugverhalten beim Abprall, im Vergleich zur einfachen ESP, für Pkw destabilisiert wird. Dennoch stellt die ESP-Motorrad wohl den nach derzeitigem Stand der Erkenntnisse bestmöglichen Kompromiss zwischen den Anforderungen von Motorradfahrern und Pkw-Insassen dar. Weder dringen Teile in den Innenraum, noch wird die Aufenthaltsfähigkeit in bedenklichem Maße gemindert, wie beim System Euskirchen, noch treten unzulässige Insassenbelastungen, wie beim System EuskirchenPlus

oder beim Kastenprofil mit Unterfahrerschutz, auf. Dennoch ist der Einsatz bei hohen Geschwindigkeiten (z. B. auf Autobahnen) bedenklich, in diesen Fällen sollte auf die EDSP-Motorrad (s. u.) zurückgegriffen werden.

4.5.4 EDSP-Motorrad

Da die EDSP mit den Zusatzkomponenten EuskirchenPlus die Prüfanforderungen nach DIN EN 1317-1/2 erfüllt hat, könnte diese Konstruktion zum Einsatz kommen. Allerdings ist zu erwarten, dass bei Montage in Kurvenlagen, die in der Realität dominieren wird, ebenfalls erhebliche Montageprobleme auftreten werden. Darüber hinaus ist es einfacher und wirtschaftlicher, wenn für die Nachrüstkomponenten die gleichen Bleche und Bügel zum Einsatz kommen.

Ändert man bei der EDSP die Anordnung der Bleche sowie die Ausrichtung der Langlöcher des Lochblechs an einem Ende, so ist mit keinen Auswirkungen auf das ohnehin unkritische Verhalten des Oberzuges bei Prüfungen nach DIN EN 1317 für die Aufenthaltstufe N2 zu rechnen.

Die Rolle des Unterzuges ist bei einer EDSP unkritischer zu bewerten als bei einer ESP. Durch die Distanzstücke zwischen Holm und Pfosten werden die Räder eines anprallenden Fahrzeugs wirksam von den Pfosten ferngehalten. Bei der Prüfung der EDSP mit EuskirchenPlus äußerte sich dies darin, dass der Ablösevorgang aus der Zwangsführung zwischen Holm und Unterzug ohne sichtbares Verhaken am Unterzug vonstatten ging (siehe Kapitel 4.2.2). Wird statt des Unterzuges von Euskirchen Plus der Unterzug der ESP-Motorrad montiert, so sind, sofern überhaupt ein spürbarer Einfluss eintritt, ein kontrollierteres Verhalten des Unterzuges und eine Erleichterung der Ablösung zu erwarten.

Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass eine Umstellung von der EDSP mit EuskirchenPlus auf eine EDSP-Motorrad nicht die Durchführung neuer Prüfungen erforderlich macht.

Konstruktive Details zur EDSP-Motorrad können Kapitel 4.6 entnommen werden.

4.6 Zeichnungen und Skizzen ESP-/EDSP-Motorrad

4.6.1 Systemübersichten

Bild 21 zeigt eine Übersicht zur ESP-Motorrad für die Verwendung des Schutzplankeholms Profil B.

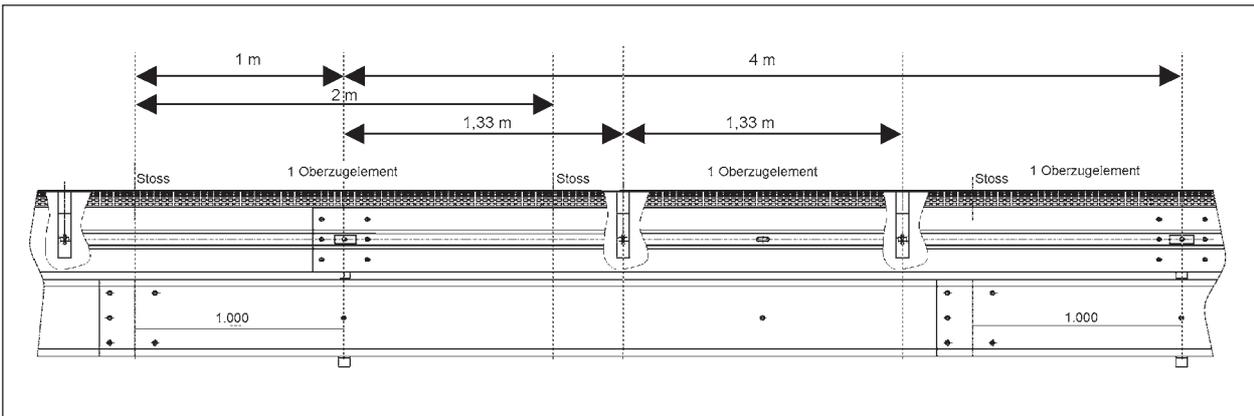


Bild 21: Frontansicht ESP-Motorrad mit Anordnung der Unterfahrerschutz- und Oberzugelemente sowie der Stützbügel des Oberzugs (je zwei pro Holm, bei 1,33 m und 2,66 m). Die Aufhängebügel des Unterfahrerschutzes werden vor jedem Sigma-Pfosten montiert (Abstand: 4 m)

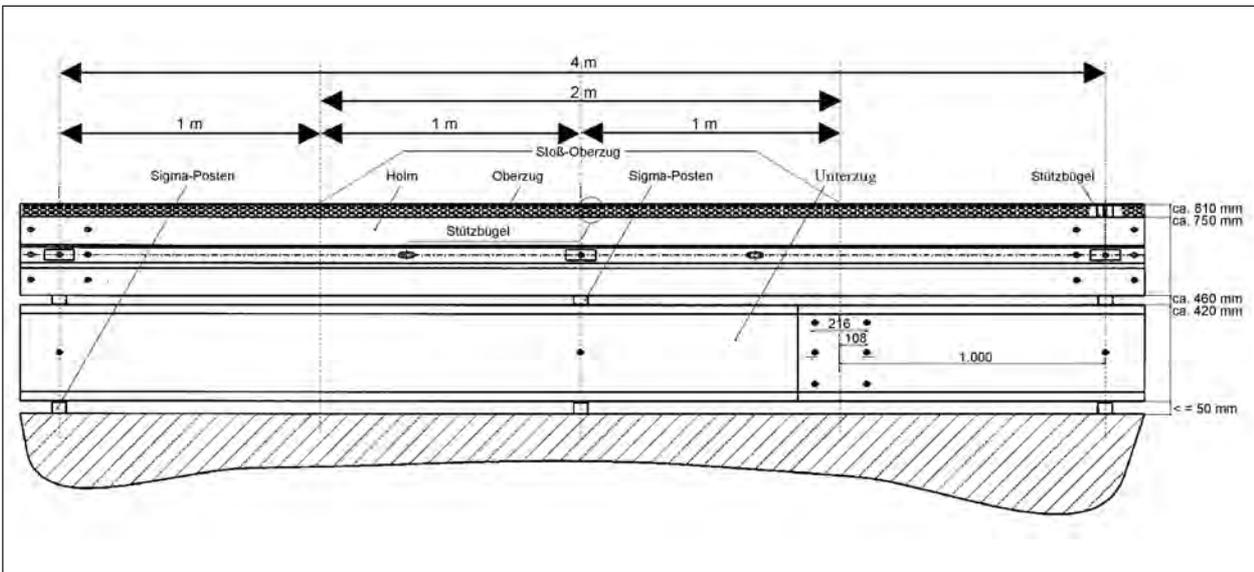


Bild 22: Frontansicht EDSP-Motorrad mit Anordnung der Unterfahrerschutz- und Oberzugelemente. Die Stützbügel für den Oberzug werden auf den Abstandhaltern verschraubt (Abstand: 2 m). Die Aufhängebügel des Unterfahrerschutzes werden vor jedem Sigma-Pfosten montiert (Abstand: 2 m)

Alle gezeigten Anordnungen und Maße lassen sich auf die Verwendung des Schutzplankenholms Profil A unmittelbar ohne Anpassung übertragen.

Bild 22 zeigt eine Übersicht zur EDSP-Motorrad für die Verwendung des Schutzplankenholms Profil B. Alle gezeigten Anordnungen und Maße lassen sich auf die Verwendung des Schutzplankenholms Profil A unmittelbar ohne Anpassung übertragen.

Bild 24 zeigt den Querschnitt der EDSP-Motorrad bei Verwendung des Schutzplankenholms Profil A. Bei Verwendung des Schutzplankenholms Profil B muss lediglich die Lage des Oberzugs zum Holm hin verschoben werden, sodass die Lücke zwi-

schen Oberzug und Holm möglichst klein wird. Schrauben und Haltebügel des Oberzugs werden nicht verschoben, da sie an das Lochbild des Abstandhalters gebunden sind.

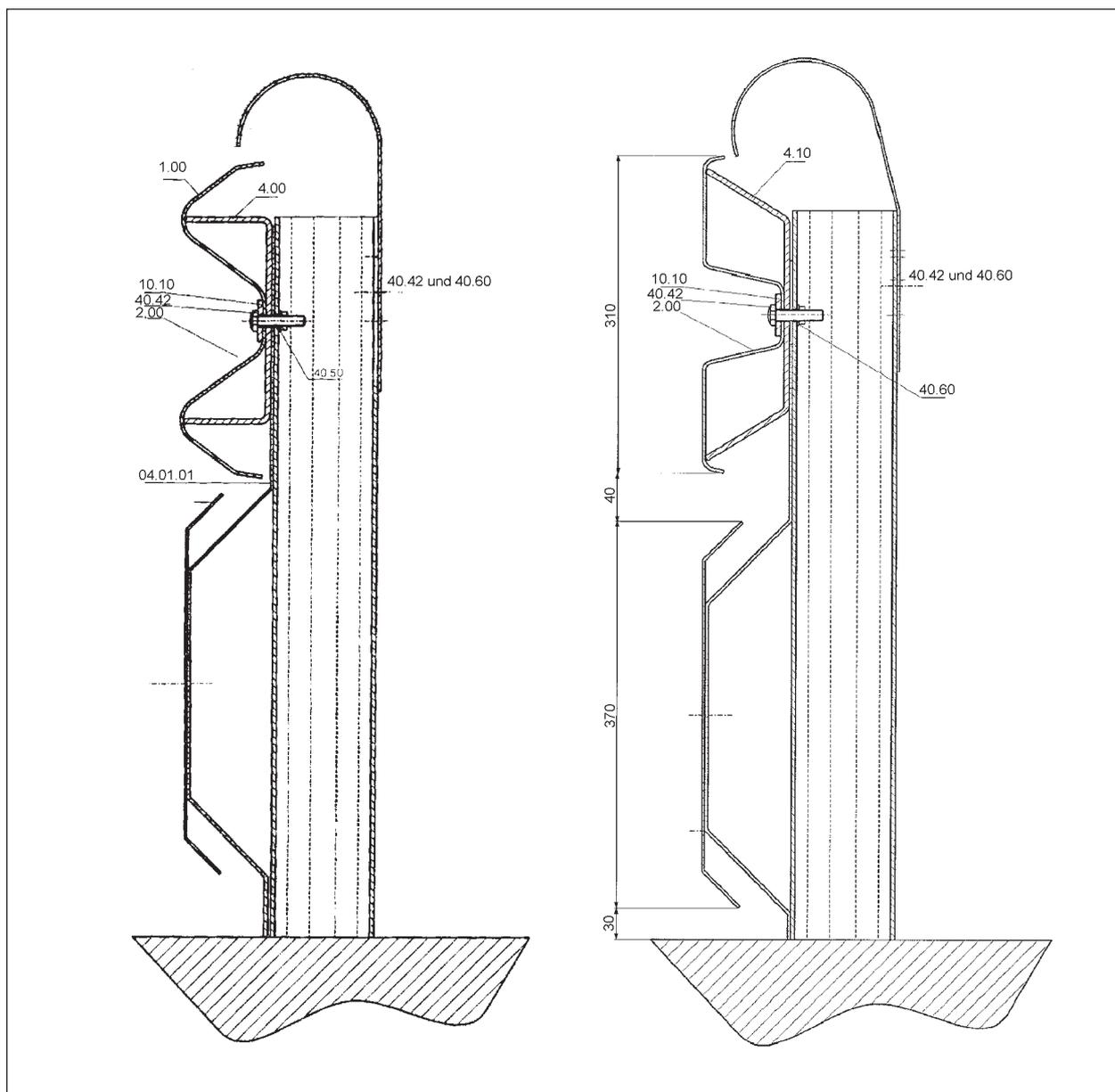


Bild 23: Querschnitt am Sigma-Pfosten der ESP-Motorrad für die Varianten mit Schutzplankenholm Profil A und B

4.6.2 Unterfahrschutz

Der in Bild 25 gezeigte Holm des Unterfahrschutzes wird gleichermaßen für die EDSP-Motorrad als auch für die ESP-Motorrad eingesetzt. Der Unterfahrschutz ist auch unabhängig vom Profil des Schutzplankenholms (A oder B). Gleiches gilt für den in Bild 26 gezeigten Aufhängebügel.

Das Rastermaß des Unterfahrschutzes beträgt 4 m, die Stoßüberlappung somit 32 cm. Die Verschraubung erfolgt im Stoß mit 5 x M16 x 27 HRK mit Nase mit Scheibe und Mutter (40.00 nach [TL-SP]). Mit der gleichen Schraube erfolgt auch die Befesti-

gung vom Unterzug an den Bügel. Die Verbindung zwischen Bügel und Pfosten wird mit der zur Befestigung des Holms (ESP) bzw. der Pfostenklaue (EDSP) genutzten Schraube M10 hergestellt. Für die ESP-Motorrad kann die nach [TL-SP] vorgesehene Schraube 40.42 verwendet werden. Bei der EDSP-Motorrad ist zu beachten, dass anstelle der Schraube M10, 40.40 nach [TL-SP] eine Schraube M10, 40.41 nach [TL-SP] eingesetzt werden sollte und zwischen Unterlegscheibe und Bügel eine zusätzliche Decklasche M10 (10.10 nach [TLSP]) hochkant einzusetzen ist, um eine ausreichende Klemmung zu gewährleisten.

4.6.3 Oberzug

Die Bilder 27 und 28 zeigen die Holmelemente für den Oberzug. Das Ausgangslochblech ist für beide Schutzplankenholmprofile und für beide Schutzeinrichtungen (ESP und EDSP) gleich. Es wird dann jedoch, entsprechend den Vorgaben der Abbildungen, in unterschiedlicher Weise gekantet und gebogen.

Die Verschraubung der Oberzugelemente erfolgt für alle Schraubverbindungen mit Flachrundkopf-

schrauben M10 x 30 der Güte 8.8 mit Mutter und Scheibe. Es ist darauf zu achten, dass der Rundkopf nach außen und die Mutter ins Innere der Konstruktion weisen. Es sind ausschließlich Flachrundkopfschrauben zu verwenden.

Bild 30 zeigt die Lage der Verschraubung an. Die genaue Schraubenposition variiert je nach Überdeckung. Bei der ESP ist darauf zu achten, dass sich keine Schraubenköpfe auf dem obersten Punkt der Krümmung befinden. Bei der EDSP ist darauf

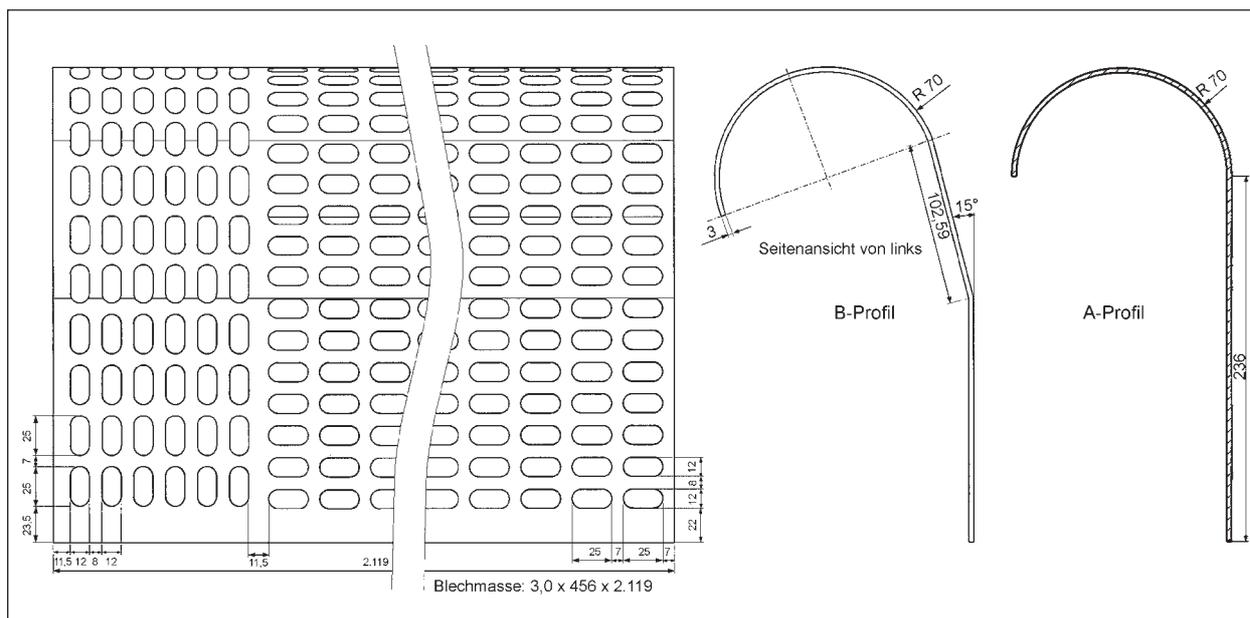


Bild 27: Oberzugelement für die ESP-Motorrad. Für beide Schutzplankenholmprofile wird das gleiche Ausgangslochblech verwendet. Für das Schutzplankenprofil B ist allerdings eine zusätzliche Kantung erforderlich (Mitte) im Vergleich zur Verwendung mit Schutzplankenprofil A (rechts)

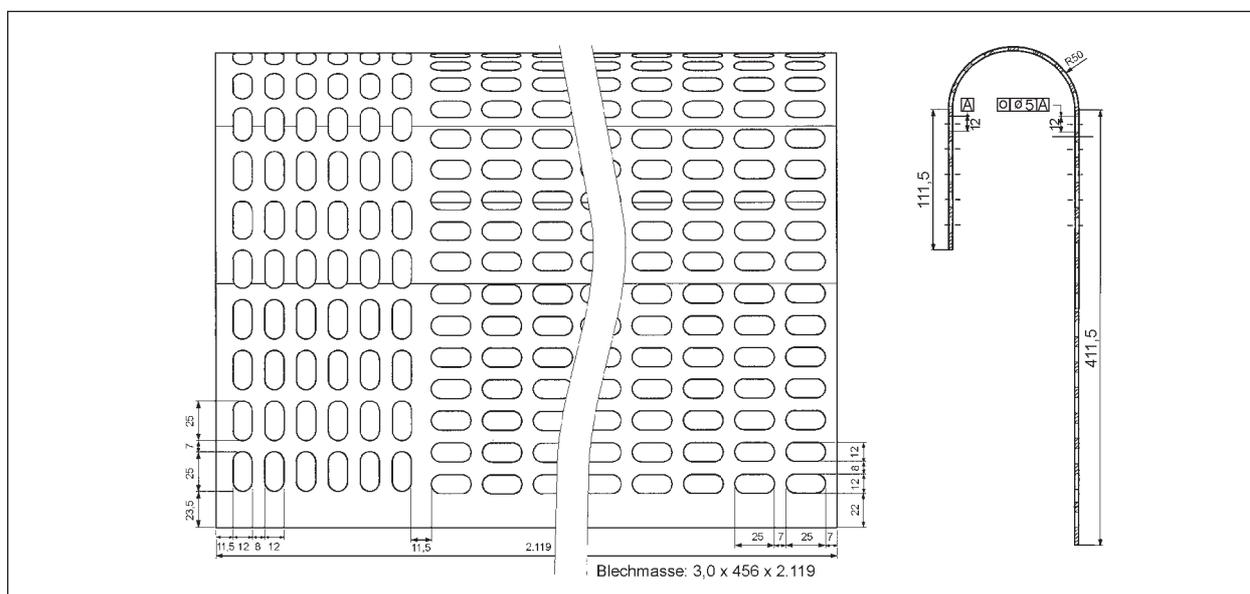


Bild 28: Oberzugelement für die EDSP-Motorrad. Für beide Schutzplankenholmprofile wird das gleiche Oberzugelement verwendet

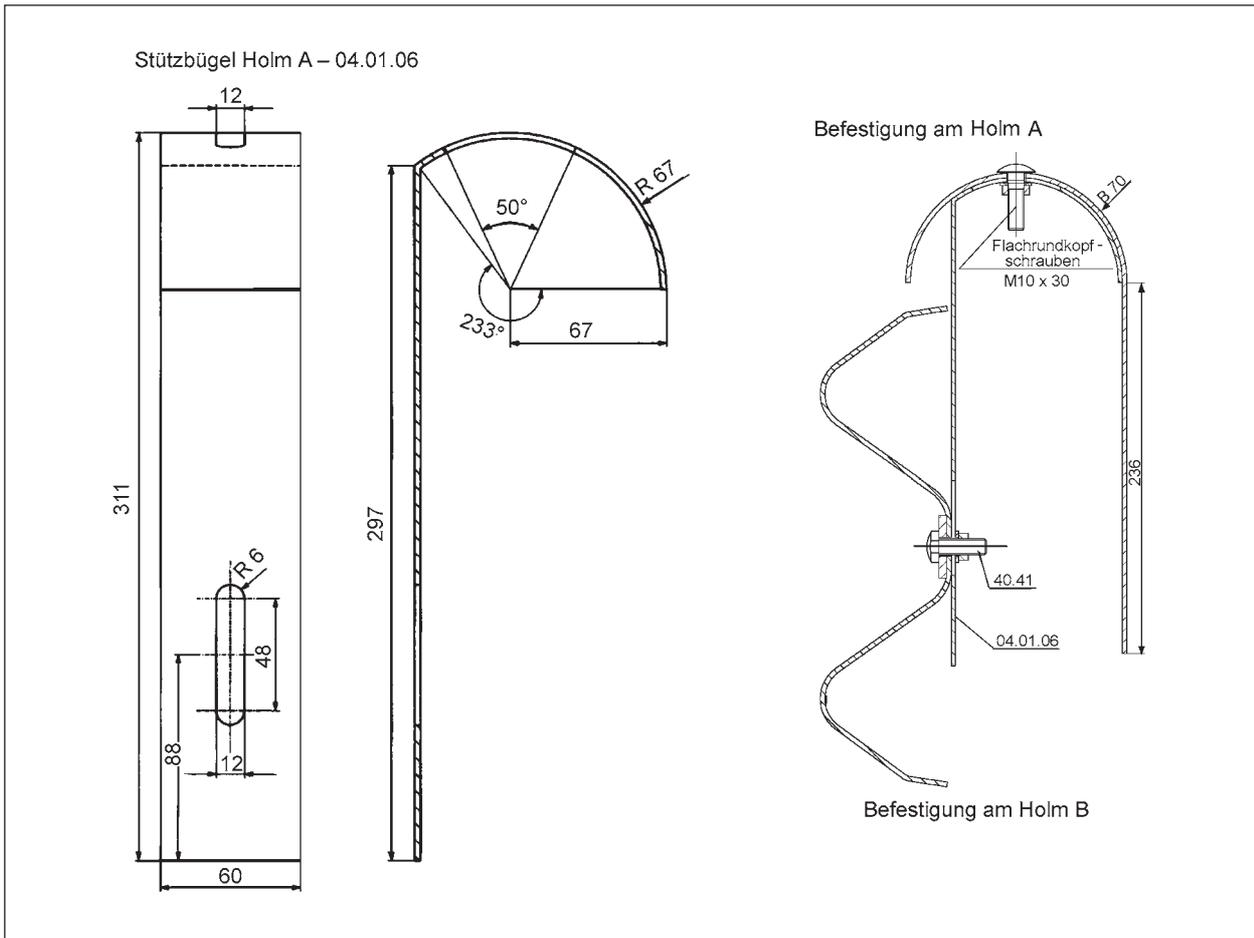


Bild 29: Befestigung des Oberzuges für ESP (Profil A) nach [GÄRTNER]

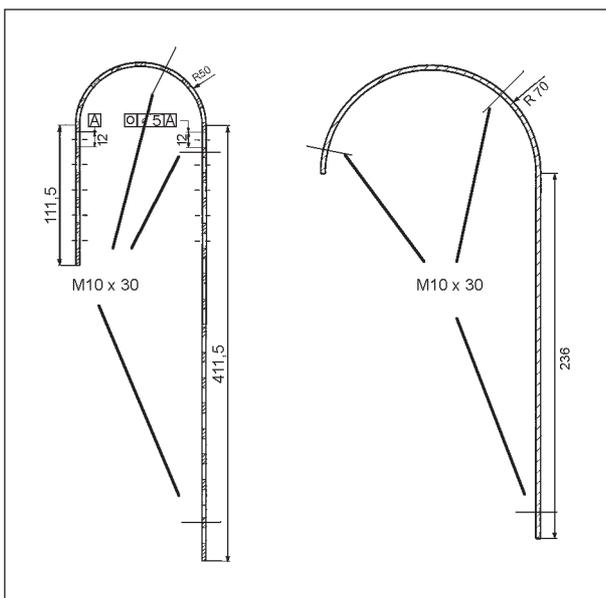


Bild 30: Stoßverschraubung der Oberzugelemente für die EDSP-Motorrad. Schrauben: Flachrundkopfschrauben M10 x 30 Güte 8.8!

zu achten, dass sich der Kopf der vordersten Schraube in die Lücke zwischen Oberzug und Holm einfügt. In allen Fällen ist darauf zu achten, dass keine Lücken aufklaffen und keine Schraubenköpfe vorstehen.

Die Stützbügel des Oberzuges und die Befestigung daran wurden gegenüber [GÄRTNER] nicht variiert und werden daher aus [GÄRTNER] übernommen (siehe Bild 29 und 31).

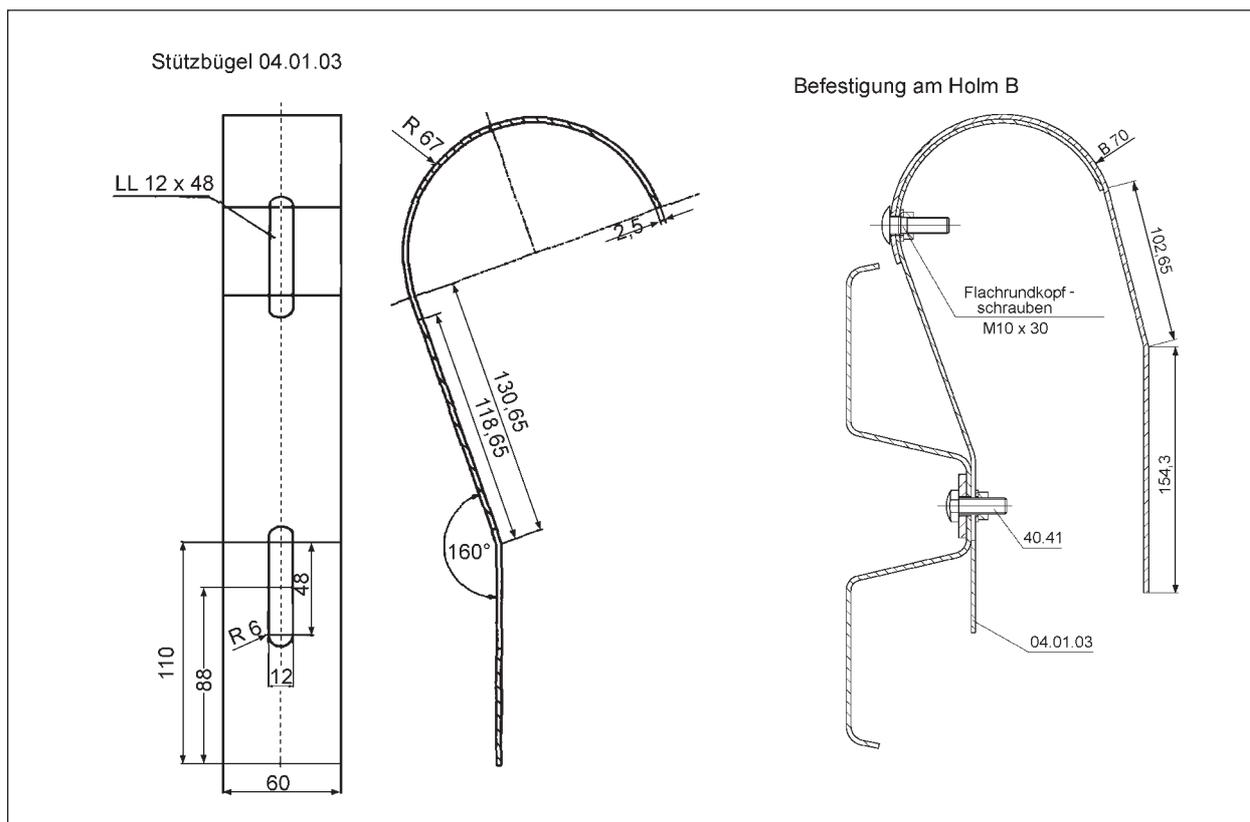


Bild 31: Befestigung des Oberzuges für ESP (Profil B) nach [GÄRTNER]

5 Zusammenfassung

Werden die in Deutschland gebräuchlichen Stahlschutzplanken umgestaltet, um das Verletzungsrisiko für Motorradfahrer zu verringern, zeigt sich ein Kompatibilitätsproblem: Die Erhöhung der Sicherheit für Motorradfahrer wird mit Einschränkungen der Sicherheit von Pkw-Insassen erkauft. Um dieses Kompatibilitätsproblem zu lösen, wurden in [BÜRKLE] unter Federführung der BAST neue Nachrüstkomponenten für Stahlschutzplanken entwickelt. Bei der Entwicklung lag der Schwerpunkt auf der Senkung der Verletzungsschwere für Motorradfahrer. Im vorliegenden Projekt sollten die Nachrüstkomponenten „EuskirchenPlus“ ihre Tauglichkeit auch für Pkw-Insassen in Anprallprüfungen (Crashtests) beweisen.

Ziel des Projektes war es, Zusatzkomponenten zur Senkung des Verletzungsrisikos für Motorradfahrer für die Standardstahlschutzplanken „Einfache Schutzplanke“ (ESP) und „Einfache Distanzschutzplanke“ (EDSP) hinsichtlich ihrer Eignung bei Unfällen mit abkommenden Pkw zu untersuchen und ggf. deren Eignung durch Weiterentwicklung herzustellen. Zu diesem Zweck wurden insgesamt 5 Anprallprüfungen mit Pkw durchgeführt. Ausgangs-

Schutteinrichtung	Test	Resultat
EuskirchenPlus-EDSP	leichter Pkw (TB 11)	geeignet
	schwerer Pkw (TB 32)	geeignet
EuskirchenPlus-ESP	leichter Pkw (TB 11)	ungeeignet
ESP-Motorrad	leichter Pkw (TB 11)	geeignet
	schwerer Pkw (TB 32)	geeignet

Tab. 4: Übersicht über Anprallprüfungen und Resultate im Rahmen dieses Projekts

punkt des Projektes waren die in [GÄRTNER] unter Federführung der BAST entwickelten Zusatzkomponenten „EuskirchenPlus“, die sich für ESP und EDSP unterscheiden. Bei der Ausstattung mit den Zusatzkomponenten „EuskirchenPlus“ werden ESP und EDSP jeweils mit einem Unterfahrerschutz und einem Oberzug für aufrecht anprallende Motorräder ausgestattet: „EuskirchenPlus-ESP“ und „EuskirchenPlus-EDSP“.

Tabelle 4 gibt einen Überblick über die durchgeführten Versuche und deren Resultate.

Aufgrund des negativen Verlaufs der Prüfung TB 11 an der EuskirchenPlus-ESP wurde diese zur ESP-Motorrad weiterentwickelt. Zwar ließ sich nicht

zweifelsfrei nachweisen, dass die Nichteinhaltung der Anforderungen der Prüfnorm DIN EN 1317 bei der EuskirchenPlus-ESP durch das experimentelle Setup begünstigt oder gar hervorgerufen wurde, doch zeigte die Konstruktion unabhängig von dieser Frage ein unbefriedigendes Verhalten, sodass eine Weiterentwicklung zur ESP-Motorrad erforderlich war. Es war vorwiegend der Unterzug der EuskirchenPlus, der zu dem unbefriedigenden Verhalten führte. Der Oberzug nach [GÄRTNER] erwies sich zusätzlich als so montagefeindlich, dass bei der Weiterentwicklung zur ESP-Motorrad Unterfahrerschutz und Oberzug modifiziert werden mussten.

Da bei höheren Anprallenergien als den in der Prüfung auftretenden, z. B. bei Anprall eines Lkw, auch mit einem schlechteren Verhalten der EuskirchenPlus-EDSP zu rechnen ist und um beide Zusatzkonstruktionen so weit möglich aus einem einheitlichen Baukasten zusammensetzen, wurde auch die EuskirchenPlus-EDSP zu einer EDSP-Motorrad weiterentwickelt. Diese Konstruktion wurde zwar nicht geprüft, die Messungen im Rahmen dieses Projektes und im Rahmen von [KLÖCKNER] sowie [GÄRTNER] erlauben jedoch, die Eignung der EDSP-Motorrad mit hinreichender Sicherheit festzustellen.

Einen Überblick über die betrachteten Schutzeinrichtungen, Prüfungen und die daraus abgeleiteten Eignungen gibt Tabelle 5.

In Tabelle 5 wurde die Erfahrung nicht nur aus diesem, sondern aus mehreren Projekten zusammengetragen: [BÜRKLE, GÄRTNER, ELLMERS, KLÖCKNER]. Sie stellt somit eine kompakte Zusammenfassung zum derzeitigen Stand der Forschung bei der Entwicklung von Stahlschutzeinrichtungen mit geringerem Verletzungsrisiko für Motorradfahrer dar. Die in der Tabelle abgeleiteten Einsatzempfehlungen sind so zu lesen, dass ESP und EDSP auf Strecken ohne relevanten Motorradverkehr oder Unfallsauffälligkeiten mit Motorradfahrerbetrieblung entsprechend den gängigen Regelwerken eingesetzt werden können. Auf Strecken mit hohem Motorradverkehr oder Unfallsauffälligkeiten mit Motorradfahrerbetrieblung empfiehlt sich der Einsatz der ESP-Motorrad bzw. der EDSP-Motorrad.

Vor allem zwei Schwierigkeiten gilt es beim Einsatz der Motorradsysteme zu beachten:

Bei der ESP-Motorrad war eine vollständige Kompatibilität zwischen dem Schutz von Pkw-Insassen

und dem Schutz von Motorradfahrern nicht herstellbar. Da jedoch das Risiko für Motorradfahrer beim Anprall an eine ESP als sehr viel höher einzuschätzen ist als das Risiko eines Pkw-Insassen beim Anprall an eine ESP-Motorrad, ist ein Einsatz auf Strecken mit relevantem Motorradverkehr oder gar Unfallsauffälligkeiten mit Motorradfahrern ohne Frage sinnvoll. Ebenfalls vertretbar ist der Einsatz der ESP-Motorrad auf Strecken mit typischen Fahrgeschwindigkeiten von Pkw unter 70 km/h auch bei nur geringem Motorradverkehr. Ein Einsatz auf Strecken mit typischerweise hohen Geschwindigkeiten und geringer Relevanz bei Motorradunfällen (z. B.

Schutzeinrichtung	Lkw	schwere Pkw	leichte Pkw	Motorrad	Eignung für Pkw-Insassen	Eignung für Motorradfahrer	Einsatzempfehlung
ESP		+ P	+ P	- P	+		+
Euskirchen		(+) P	(+) P	(+) A	+1)	+2)	
EuskirchenPlus-ESP			- P	+ P	-	+	
ESP-Motorrad		(+) P	(+) P	+ A	+3)	+	+
EDSP	+ P		+ P	- P	+	-	+
EDSP mit zusätzlichem Holm	+? E	+? E	+? E	+? E	+4)	+4)	
EuskirchenPlus-EDSP	-? E	+ P	+ P	+ P	+	+	
EDSP-Motorrad	+? E	+ A	+ A	+ A	+	+	+

Legende:
 „P“: Prüfung durchgeführt
 „A“: abgeleitet aus anderen Prüfungen
 „? E“: Einschätzung
 „+“ Prüfung bestanden/Eignung gegeben
 „-“ Prüfung nicht bestanden/Eignung nicht gegeben
 „(+“: Prüfung bestanden/Eignung eingeschränkt gegeben
 1) bei Fahrgeschwindigkeiten bis ca. 70 km/h
 2) nicht geeignet für aufrechten Anprall
 3) erhöhte Belastung für Pkw-Insassen, Einsatz nur auf Strecken mit Motorradverkehr sinnvoll
 4) ungeprüft, aber Praxiserfahrungen

Tab. 5: Prüfergebnisse und daraus resultierende Ableitungen an den Standardschutzeinrichtungen „Einfache Schutzplanke“ (ESP) und „Einfache Distanzschutzplanke“ (EDSP) und deren Umgestaltungen mit verringertem Verletzungsrisiko für Motorradfahrer

Autobahnen) sollte jedoch unterbleiben, da das Risiko für Pkw-Insassen mit wachsender Geschwindigkeit zunimmt. Bei hohen Pkw-Geschwindigkeiten und Unfallschweregraden mit Motorrädern (kann z. B. in Verbindungsrampen von Autobahnknotenpunkten mit nicht richtliniengerechten Trassierungselementen auftreten) empfiehlt sich eine Umrüstung von der ESP auf eine EDSP-Motorrad.

Im Fall der EDSP ist das Projektziel, die Herstellung der vollständigen Kompatibilität zwischen dem Schutz von Pkw-Insassen und dem Schutz von Motorradfahrern, erreicht worden. Bei der EDSP-Motorrad liegt die Schwierigkeit darin, dass die EDSP nicht nur für den Insassenschutz eingesetzt wird. Als Schutzeinrichtung der Aufhaltestufe H1 wird sie auch zum Schutz Dritter vor abkommenden Fahrzeugen, einschließlich Lkw, eingesetzt. Es besteht zwar, wie Tabelle 5 zu entnehmen ist, die begründete Einschätzung, dass die Rückhaltefähigkeit der EDSP durch die Umrüstung auf die EDSP-Motorrad nicht verringert wird, der Nachweis steht jedoch aus. Auf Strecken mit geringem Motorradverkehr oder mit geringer Relevanz für das Unfallgeschehen mit Motorrädern sollte daher auf eine Umrüstung verzichtet werden, wenn die EDSP dem Schutz Dritter dient (z. B. im Mittelstreifen von Autobahnen). Treten Motorradfahrer- und Durchbruchesicherheit in Konflikt, ist eine Umrüstung auf die EDSP-Motorrad nach derzeitigem Stand vertretbar, sofern keine Gefährdungsstufe 1 im Sinne der RPS (2009) vorliegt. Die beiden genannten Einschränkungen können problemlos in Kauf genommen werden, da sie überwiegend nur auf Autobahnen wirksam werden. Autobahnen sind jedoch für das Unfallgeschehen mit Motorrädern von absolut untergeordneter Bedeutung [ifz, ASSING].

Das Kompatibilitätsproblem konnte zwar nicht umfassend gelöst, jedoch so weit beseitigt werden, dass keine relevanten Einsatzbeschränkungen mehr aufrechterhalten werden müssen. Die ESP-Motorrad und die EDSP-Motorrad sind auf nahezu allen für Motorradunfälle relevanten Strecken grundsätzlich geeignet, die klassischen Stahlschutzplanken ESP bzw. EDSP zu ersetzen.

6 Ausblick

Mit den hier vorgestellten Schutzeinrichtungen ESP-Motorrad und EDSP-Motorrad lässt sich das Verletzungsrisiko durch Stahlschutzplanken für Mo-

torradfahrer auf vielen Motorradstrecken wirkungsvoll senken.

Es mehren sich jedoch bereits die Anzeichen, dass auch auf Motorradstrecken vermehrt Stahlschutzplanken zum Einsatz kommen, die nicht mehr dem Baukastensystem entstammen, welches der ESP und EDSP zugrunde liegt. Die hier entwickelten Zusatzkomponenten lassen sich daher nicht einfach übernehmen. Es lassen sich auch keine „Universal-komponenten“ entwickeln, da keine Bauformen für moderne Schutzeinrichtungen mehr vorgeschrieben werden. Es reicht aus, wenn sie ihre Sicherheit für Pkw-Insassen und ihre Durchbruchesicherheit in Anprallprüfungen gemäß DIN EN 1317 nachgewiesen haben. Zwar ist auf europäischer Ebene die Ergänzung der Euronorm DIN EN 1317 um Anforderungen an die Motorradfahrersicherheit geplant, dieser Prozess steht jedoch noch ganz am Anfang.

In naher Zukunft wirkt sich diese begrüßenswerte Entwicklung sogar hemmend aus, da die Industrie in vielen Fällen Neuentwicklungen für die Motorradfahrersicherheit zurückstellt, bis klar die neuen Anforderungen in der DIN EN 1317 festgelegt sind.

Dabei spielen nicht nur die Entwicklungskosten, sondern auch die Kosten für die aufwändigen Prüfverfahren eine wichtige Rolle. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf. Lassen sich die Prüfverfahren für die vermutlich mehrjährige Übergangsphase bis zur Fertigstellung des europäischen Normungsprozesses vereinfachen? Wenn ja, wie?

7 Literatur

- [ASSING] Kai ASSING: „Schwerpunkte des Unfallgeschehens von Motorrädern“, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 137, Wirtschaftsverlag NW, 2002
- [BÜRKLE] Heiko BÜRKLE, F. Alexander BERG: „Anprallversuche mit Motorrädern an passive Schutzeinrichtungen“, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 90, Wirtschaftsverlag NW, 2001
- [ELLMERS] Uwe ELLMERS: „Eignung von Fahrzeug-Rückhaltesystemen gemäß den Anforderungen nach DIN EN 1317“, Berichte der Bundesanstalt

für Straßenwesen, Heft V 106, Wirtschaftsverlag NW, 2003

- [GÄRTNER] Markus GÄRTNER et al.: „Entwicklung und Prüfung der Anforderungen an Schutzeinrichtungen zur Verbesserung der Sicherheit von Motorradfahrern“, Hrsg.: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Reihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik Heft 940, Wirtschaftsverlag NW, 2006
- [GAIL] Jost GAIL et al.: „Einfluss verbesserter Fahrzeugsicherheit bei Pkw auf die Entwicklung von Landstraßenunfällen“, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft F 70, Wirtschaftsverlag NW, 2008
- [ifz] Ralf KLÖCKNER, Uwe ELLMERS: „Anprall von Motorradfahrern an Schutzeinrichtungen“, in: Tagungsband der 4. Internationalen Motorradkonferenz, Forschungshefte Zweiradsicherheit Nr. 10, Verlag und Hrsg.: Institut für Zweiradsicherheit 2002
- [KLÖCKNER] Ralf KLÖCKNER, Jürgen FLEISCH: „Prüfung von Fahrzeug-Rückhaltesystemen an Straßen durch Anprallversuche gemäß DIN EN 1317“, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 157, Wirtschaftsverlag NW, 2007
- [RPS] „Richtlinien für passiven Schutz an Straßen durch Fahrzeug-Rückhaltesysteme“ – RPS, Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, FGSV Verlag 2009
- [SCHMIDT] Georg SCHMIDT: „Biomechanische Versuche hinsichtlich des passiven Unfallschutzes von Aufsassen motorisierter Zweiradfahrzeuge beim Anprall gegen Schutzplankenpfosten“, Bericht des Instituts für Rechtsmedizin der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg 1985
- [TL-SP] Technische Lieferbedingungen für Stahlschutzplanken (TL-SP 99), FGSV-Verlag, 1999

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Verkehrstechnik“

V 133: Charakterisierung der akustischen Eigenschaften offener Straßenbeläge Hübelt, Schmid	€ 17,50	V 151: Städtischer Liefer- und Ladeverkehr – Analyse der kommunalen Praktiken zur Entwicklung eines Instrumentariums für die StVO Böhl, Maus, Kloppe, Brückner	€ 16,50
V 134: Qualifizierung von Auditoren für das Sicherheitsaudit für Innerortsstraßen Gerlach, Kesting, Lippert	€ 15,50	V 152: Schutzeinrichtungen am Fahrbahnrand kritischer Streckenabschnitte für Motorradfahrer Gerlach, Oderwald	€ 15,50
V 135: Optimierung des Winterdienstes auf hoch belasteten Autobahnen Cypra, Roos, Zimmermann	€ 17,00	V 153: Standstreifenfreigabe – Sicherheitswirkung von Umnutzungsmaßnahmen Lemke	€ 13,50
V 136: Erhebung der individuellen Routenwahl zur Weiterentwicklung von Umlegungsmodellen Wermuth, Sommer, Wulff	€ 15,00	V 154: Autobahnverzeichnis 2006 Kühnen	€ 22,00
V 137: PM _x -Belastungen an BAB Baum, Hasskelo, Becker, Weidner	€ 14,00	V 155: Umsetzung der Europäischen Umgebungslärmrichtlinie in Deutsches Recht Bartolomaeus	€ 12,50
V 138: Kontinuierliche Stickoxid (NO _x)- und Ozon (O ₃)-Messwertaufnahme an zwei BAB mit unterschiedlichen Verkehrsparametern 2004 Baum, Hasskelo, Becker, Weidner	€ 14,50	V 156: Optimierung der Anfeuchtung von Tausalzen Badelt, Seliger, Moritz, Scheurl, Häusler	€ 13,00
V 139: Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit von Taumittelsprühanlagen Wirtz, Moritz, Thesenvitz	€ 14,00	V 157: Prüfung von Fahrzeugrückhaltesystemen an Straßen durch Anprallversuche gemäß DIN EN 1317 Klößner, Fleisch, Balzer-Hebborn, Ellmers, Friedrich, Kübler, Lukas	€ 14,50
V 140: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2004 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen Fitschen, Koßmann	€ 15,50	V 158: Zustandserfassung von Alleebäumen nach Straßenbaumaßnahmen Wirtz	€ 13,50
V 141: Zählungen des ausländischen Kraftfahrzeugverkehrs auf den Bundesautobahnen und Europastraßen 2003 Lensing	€ 15,00	V 159: Luftschadstoffe an BAB 2006 Baum, Hasskelo, Siebertz, Weidner	€ 13,50
V 142: Sicherheitsbewertung von Maßnahmen zur Trennung des Gegenverkehrs in Arbeitsstellen Fischer, Brannolte	€ 17,50	V 160: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2005 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen Fitschen, Koßmann	€ 25,50
V 143: Planung und Organisation von Arbeitsstellen kürzerer Dauer an Bundesautobahnen Roos, Hess, Norkauer, Zimmermann, Zackor, Otto	€ 17,50	V 161: Quantifizierung staubedingter jährlicher Reisezeitverluste auf Bundesautobahnen – Infrastrukturbedingte Kapazitätsengpässe Listl, Otto, Zackor	€ 14,50
V 144: Umsetzung der Neuerungen der StVO in die straßenverkehrsrechtliche und straßenbauliche Praxis Baier, Peter-Dosch, Schäfer, Schiffer	€ 17,50	V 162: Ausstattung von Anschlussstellen mit dynamischen Wegweisern mit integrierter Stauinformation – dWiSta Grahl, Sander	€ 14,50
V 145: Aktuelle Praxis der Parkraumbewirtschaftung in Deutschland Baier, Klemp, Peter-Dosch	€ 15,50	V 163: Kriterien für die Einsatzbereiche von Grünen Wellen und verkehrsabhängigen Steuerungen Brilon, Wietholt, Wu	€ 17,50
V 146: Prüfung von Sensoren für Glättemeldeanlagen Badelt, Breitenstein, Fleisch, Häusler, Scheurl, Wendl	€ 18,50	V 164: Straßenverkehrszählung 2005 – Ergebnisse Kathmann, Ziegler, Thomas	€ 15,00
V 147: Luftschadstoffe an BAB 2005 Baum, Hasskelo, Becker, Weidner	€ 14,00	V 165: Ermittlung des Beitrages von Reifen-, Kupplungs-, Brems- und Fahrbahnabrieb an den PM ₁₀ -Emissionen von Straßen Quass, John, Beyer, Lindermann, Kuhlbusch, Hirner, Sulkowski, Sulkowski, Hippler	€ 14,50
V 148: Berücksichtigung psychologischer Aspekte beim Entwurf von Landstraßen – Grundlagenstudie – Becher, Baier, Steinauer, Scheuchenpflug, Krüger	€ 16,50	V 166: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2006 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen Fitschen, Koßmann	€ 26,00
V 149: Analyse und Bewertung neuer Forschungserkenntnisse zur Lichtsignalsteuerung Boltze, Friedrich, Jentsch, Kittler, Lehnhoff, Reusswig	€ 18,50	V 167: Schadstoffe von Bankettmaterial – Bundesweite Datenauswertung Kocher, Brose, Siebertz	€ 14,50
V 150: Energetische Verwertung von Grünabfällen aus dem Straßenbetriebsdienst Rommeiß, Thrän, Schlägl, Daniel, Scholwin	€ 18,00	V 168: Nutzen und Kosten nicht vollständiger Signalisierungen unter besonderer Beachtung der Verkehrssicherheit Frost, Schulze	€ 15,50
		V 169: Erhebungskonzepte für eine Analyse der Nutzung von alternativen Routen in übergeordneten Straßennetzen Wermuth, Wulff	€ 15,50
		V 170: Verbesserung der Sicherheit des Betriebspersonals in Arbeitsstellen kürzerer Dauer auf Bundesautobahnen Roos, Zimmermann, Riffel, Cypra	€ 16,50

- V 171: Pilotanwendung der Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen (ESN)
Weinert, Vengels € 17,50
- V 172: Luftschadstoffe an BAB 2007
Baum, Hasskelo, Siebertz, Weidner € 13,50
- V 173: Bewertungshintergrund für die Verfahren zur Charakterisierung der akustischen Eigenschaften offener Straßenbeläge
Altreuther, Beckenbauer, Männel € 13,00
- V 174: Einfluss von Straßenzustand, meteorologischen Parametern und Fahrzeuggeschwindigkeit auf die PMx-Belastung an Straßen
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Düring, Lohmeyer, Moldenhauer, Knörr, Kutzner, Becker, Richter, Schmidt € 29,00
- V 175: Maßnahmen gegen die psychischen Belastungen des Personals des Straßenbetriebsdienstes
Fastenmeier, Eggerdinger, Goldstein € 14,50

2009

- V 176: Bestimmung der vertikalen Richtcharakteristik der Schallabstrahlung von Pkw, Transportern und Lkw
Schulze, Hübelt € 13,00
- V 177: Sicherheitswirkung eingefräster Rüttelstreifen entlang der BAB A24
Lerner, Hegewald, Löhe, Velling € 13,50
- V 178: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2007 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen
Fitschen € 26,00
- V 179: Straßenverkehrszählung 2005: Methodik
Kathmann, Ziegler, Thomas € 15,50
- V 180: Verteilung von Tausalzen auf der Fahrbahn
Hausmann € 14,50
- V 181: Voraussetzungen für dynamische Wegweisung mit integrierten Stau- und Reisezeitinformationen
Hülsemann, Krems, Henning, Thiemer € 18,50
- V 182: Verkehrsqualitätsstufenkonzepte für Hauptverkehrsstraßen mit straßenbündigen Stadt-/Straßenbahnkörpern
Sümmermann, Lank, Steinauer, M. Baier, R. Baier, Klemp-Kohnen € 17,00
- V 183: Bewertungsverfahren für Verkehrs- und Verbindungsqualitäten von Hauptverkehrsstraßen
Lank, Sümmermann, Steinauer, Baur, Kemper, Probst, M. Baier, R. Baier, Klemp-Kohnen, Jachtmann, Hebel € 24,00
- V 184: Unfallrisiko und Regelakzeptanz von Fahrradfahrern
Alrutz, Bohle, Müller, Prahlow, Hacke, Lohmann € 19,00
- V 185: Möglichkeiten zur schnelleren Umsetzung und Priorisierung straßenbaulicher Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit
Gerlach, Kesting, Thiemeyer € 16,00
- V 186: Beurteilung der Streustoffverteilung im Winterdienst
Badelt, Moritz € 17,00
- V 187: Qualitätsmanagementkonzept für den Betrieb der Verkehrsrechnerzentralen des Bundes
Kirschfink, Aretz € 16,50

2010

- V 188: Stoffeinträge in den Straßenseitenraum – Reifenabrieb
Kocher, Brose, Feix, Görg, Peters, Schenker € 14,00
- V 189: Einfluss von verkehrsberuhigenden Maßnahmen auf die PM10-Belastung an Straßen
Düring, Lohmeyer, Pöschke, Ahrens, Bartz, Wittwer, Becker, Richter, Schmidt, Kupiainen, Pirjola, Stojiljkovic, Malinen, Portin € 16,50

- V 190: Qualitätsmanagementkonzept für den Betrieb der Verkehrsrechnerzentralen des Bundes
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Lank, Steinauer, Busen € 29,50
- V 191: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2008
Fitschen, Nordmann € 27,00
Dieser Bericht ist als Buch und als CD erhältlich oder kann ferner als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
- V 192: Sicherheitsbewertung von Maßnahmen zur Trennung des Gegenverkehrs in Mittelstreifen auf Bundesautobahnen
Gerlach, Flunkert, Mohr, Egelhaaf, Gärtner € 16,50
- V 193: Anprallversuche an motorradfahrerfreundlichen Schutzeinrichtungen
Klößner € 14,50

Alle Berichte sind zu beziehen beim:

Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10
D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.