

# **Prüfung von Fahrzeug- Rückhaltesystemen an Straßen durch Anprallversuche gemäß DIN EN 131**

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Verkehrstechnik Heft V 157**



**bast**

# Prüfung von Fahrzeug- Rückhaltesystemen an Straßen durch Anprallversuche gemäß DIN EN 131

von

Ralf Klöckner  
Jürgen Fleisch

unter Mitarbeit von  
Martina Balzer-Hebborn

Durchführung der Anprallversuche

Uwe Ellmers  
Jürgen Fleisch  
Heinz Friedrich  
Ralf Klöckner  
Janine Kübler  
Günther Lukas

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 157

**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, Referat 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, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

## **Impressum**

### **Bericht zum AP 00642:**

Prüfung von Fahrzeug-Rückhaltesystemen an Straßen durch Anprallversuche gemäß DIN EN 1317

### **Herausgeber**

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

### **Redaktion**

Referat 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](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
Internet: [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)

ISSN 0943-9331

ISBN 978-3-86509-696-8

Bergisch Gladbach, Juni 2007

## Kurzfassung – Abstract

### **Prüfung von Fahrzeugrückhaltesystemen an Straßen durch Anprallversuche gemäß DIN EN 1317**

Neue Europäische Normen beurteilen Fahrzeugrückhaltesysteme an Straßen (passive Schutzrichtungen) entsprechend ihrer Leistungsfähigkeit und ordnen ihnen auf der Grundlage von Anprallversuchen mit realen Fahrzeugen Leistungsklassen zu. Die bevorstehende verbindliche Einführung dieser Normen macht es erforderlich, die in Deutschland gebräuchlichen Konstruktionen hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit zu untersuchen.

Die Zielstellung dieses Forschungsprojektes ist dreigeteilt: Es greift offene Fragestellungen aus einem Vorgängerprojekt (Berichte der BASt, Heft V 106) auf, prüft die Einsatzfähigkeit motorradfahrerfreundlicherer Schutzrichtungen und untersucht erstmals die Leistungsfähigkeit gebräuchlicher Anfangs- und Endkonstruktionen.

Zwei Resultate des Vorgängerprojektes erzeugten erhöhten Handlungsbedarf. In beiden Fällen sind Konstruktionen für den Einsatz im Mittelstreifen betroffen. Bei der DDSP 4,0 in Rohrhülsen für den Einsatz bei Mittelstreifenüberfahrten zeigte sich eine Gefährdung Dritter durch sich unkontrolliert lösende Pfostenteile. Die DDSP 2,0, für den Einsatz im ebenen Mittelstreifen, zeigte nicht die erforderliche Rückhaltewirkung. Beide Schutzrichtungen werden modifiziert, um die bisherigen Schwächen zu eliminieren. Bei der DDSP 4,0 werden die zweiteiligen Pfosten durch einteilige ersetzt, im Falle der DDSP 2,0 werden zwei zusätzliche Distanzstücke je Schutzplankenholm eingesetzt (DDSP 2,0 ++). Die Wirkung der Modifikationen werden mit Anprallprüfungen untersucht.

Im Bereich der Schutzrichtungen mit erhöhtem Schutzpotenzial für Motorradfahrer werden zwei neuartige Konstruktionen mittels Anprallversuche getestet, das „Kastenprofil mit Unterfahrerschutz“ sowie die „ESP mit Unterfahrerschutz“.

Mit der Regelabsenkung sowie der Kurzabsenkung werden die beiden in Deutschland mit Abstand gängigsten Konstruktionstypen bei den Anfangs- und Endkonstruktionen mit realen Anprallversuchen geprüft.

Während der Anprallversuch an die DDSP 4,0 zeigt, dass der gewählte Lösungsansatz nicht trägt, zeigt die Modifikation der DDSP 2,0 den gewünschten Erfolg: Es gelingt der Nachweis, schwere Fahrzeuge aufhalten zu können, bei gleichzeitig geringer Verletzungsgefährdung für Pkw-Insassen.

Beide Konstruktionen mit erhöhtem Schutzpotenzial für Motorradfahrer genügen den Anforderungen mit Einschränkungen. Hier besteht noch Forschungsbedarf.

Es zeigt sich, dass die Regelabsenkung den Anforderungen der Norm im erforderlichen Umfang genügt, während die Kurzabsenkung die Anforderungen nicht erfüllt. Die erzielten Ergebnisse werden in die laufende Überarbeitung der Prüfnorm einfließen.

Der Originalbericht enthält als Anhang eine detaillierte Darstellung der Einzelversuche. Auf die Wiedergabe dieses Anhanges wurde in der vorliegenden Veröffentlichung verzichtet. Er liegt bei der Bundesanstalt für Straßenwesen vor und ist dort einsehbar. Verweise auf den Anhang im Berichtstext wurden zur Information des Lesers beibehalten.

### **Testing of vehicle restraint systems on roads using collision tests according to DIN EN 1317**

New European standards assess vehicle restraint systems on roads (passive protective devices) according to their efficiency and allocate performance classes to them on the basis of collision tests with real vehicles. The upcoming binding introduction of these standards makes it necessary to examine the structures used in Germany with respect to their efficiency.

There are three objectives to this research project: It takes up open issues from a previous project (BASt reports, File V 106), tests the ability for use of protective devices suitable for motorcyclists and examines the efficiency of initial and end structures that could be useful.

Two results from the previous project resulted in an increase in handling. In both cases structures for use in the middle lane are affected. In the case of DDSP 4.0 in tube sleeves for use in the case of

middle lane crossings there was a risk to third parties through pole parts that loosened in an uncontrollable manner. The DDSP 2.0, for use in the even middle lane did not indicate the required restraining effect. Both protective devices are modified to eliminate the weaknesses found until now. In the case of DDSP 4.0, the two part poles are replaced by single part ones, in the case of DDSP 2.0, two additional distance pieces per protective plank are used (DDSP 2.0 ++). The effect of the modifications is examined using collision tests.

Two new types of structures are being tested in the area of the protective devices with increased potential for protection of motorcyclists using collision tests, the "Box profile with protection at the bottom" as well as "ESP with protection at the bottom".

The most common structural types in Germany in start and end structures are tested with the regular decrease as well as the short decrease using real collision tests.

Whereas the collision test to the DDSP 4.0 shows that the selected solution does not carry, the modification to the DDSP 2.0 shows the desired result: It has succeeded in proving that heavy vehicle can be stopped with less risk of injury to car passengers at the same time.

Both structures with an increase in protective potential for motorcyclists do justice to the structures with increased protective potential for motorcyclists but with limitations. More research is required here.

We can see that the regular decrease does justice to the requirements of the standard at the required extent, whereas the short decrease does not fulfil the requirements. The results achieved will be introduced into the ongoing revision of the test standard.

The original report includes a detailed representation of the individual tests as an appendix. Reproducing this appendix was rejected in the present publication. It is available at the Federal Highway Research Institute and can be viewed there. References to the appendix in the report have been maintained for the information of the reader.

## Inhalt

|          |  |    |          |   |    |
|----------|--|----|----------|---|----|
| <b>1</b> | <b>Einleitung und Grundlagen</b> .....                             | 7  | 4.4.9    | Pkw-Anprall (TT 4.2.80) an<br>Regelabsenkung .....                      | 39 |
| 1.1      | Allgemeines .....  | 7  | 4.4.10   | Pkw-Anprall (TT 2.1.80) an<br>Regelabsenkung .....                      | 40 |
| 1.2      | Die europäische Norm EN 1317 .....                                 | 8  | 4.5      | Skizzen und Zeichnungen .....   | 42 |
| <b>2</b> | <b>Ziele und Aufgabenstellung</b> .....                            | 12 | <b>5</b> | <b>Zusammenfassung und Bewer-<br/>tung der Versuchsergebnisse</b> ..... | 45 |
| 2.1      | Ziele .....  | 12 | <b>6</b> | <b>Literatur</b> .....  | 50 |
| 2.2      | Aufgabenstellung .....   | 13 |          |   |    |
| <b>3</b> | <b>Versuchsdurchführung</b> .....                                  | 13 |          |   |    |
| 3.1      | Versuchsprogramm .....   | 13 |          |   |    |
| 3.2      | Versuchsaufbau und<br>-abwicklung .....                            | 14 |          |   |    |
| 3.3      | Technik (ECV) .....  | 15 |          |   |    |
| <b>4</b> | <b>Versuchsauswertung</b> .....                                    | 16 |          |   |    |
| 4.1      | Allgemeines .....  | 16 |          |   |    |
| 4.2      | Schutzeinrichtungen .....  | 17 |          |   |    |
| 4.2.1    | Schutzeinrichtungen ohne<br>Zusatzkonstruktionen .....             | 17 |          |   |    |
| 4.2.2    | Schutzeinrichtungen mit<br>Zusatzkonstruktionen .....              | 18 |          |   |    |
| 4.3      | Anfangs- und Endkonstruktionen .....                               | 21 |          |   |    |
| 4.4      | Fotodokumentation .....  | 22 |          |   |    |
| 4.4.1    | Lkw-Anprall an DDSP 4,0<br>in Rohrhülsen .....                     | 22 |          |   |    |
| 4.4.2    | Pkw-Anprall (TB 11) an<br>DDSP 2,0 ++ .....                        | 24 |          |   |    |
| 4.4.3    | Bus-Anprall (TB 51) an<br>DDSP 2,0 ++ .....                        | 26 |          |   |    |
| 4.4.4    | Pkw-Anprall (TB 11) an Kasten-<br>profil mit Unterfahrschutz ..... | 27 |          |   |    |
| 4.4.5    | Pkw-Anprall (TB 32) an Kasten-<br>profil mit Unterfahrschutz ..... | 30 |          |   |    |
| 4.4.6    | Pkw-Anprall (TB 11) an ESP<br>mit Unterfahrschutz .....            | 32 |          |   |    |
| 4.4.7    | Pkw-Anprall (TB 32) an ESP<br>mit Unterfahrschutz .....            | 35 |          |   |    |
| 4.4.8    | Pkw-Anprall (TT 2.1.80) an<br>Kurzabsenkung .....                  | 37 |          |   |    |



# 1 Einleitung und Grundlagen

## 1.1 Allgemeines

Nach DIN EN 1317 – 1 [EN 1317] ist ein Fahrzeug-Rückhaltesystem (FRS) „ein an einer Straße errichtetes System, das in bestimmtem Umfang ein von der Fahrbahn abkommendes Fahrzeug aufhält“. FRS sind zu unterscheiden in Schutzeinrichtungen, Anpralldämpfer, Anfangs- und Endkonstruktionen (AEK) sowie Übergangskonstruktionen. (Darüber hinaus gibt es transportable Schutzeinrichtungen, die im Bereich von Arbeitsstellen zum Einsatz kommen. Diese spielen jedoch eine Sonderrolle und werden im Folgenden nicht betrachtet.)

Die überwiegende Mehrzahl der in Deutschland errichteten Fahrzeug-Rückhaltesysteme entfällt auf die Kategorie Schutzeinrichtung (umgangssprachlich: Leitplanken). Schutzeinrichtungen bestehen in Deutschland aus Stahl oder aus einer Beton-Stahl-Kombination. Andere Materialien wie z. B. Holz dienen lediglich der Verkleidung oder im Falle von Kunststoffen geringfügiger Stoßdämpfung. Allen Schutzeinrichtungen ist das Wirkprinzip eines Zugbandes aus Stahl gemeinsam. Die zugrunde liegende Idee ist dabei, dass abkommende Fahrzeuge durch ein elastisches Band parallel zum Straßenrand umgelenkt und wieder in ihre Fahrspur zurück geführt werden sollen. Bei reinen Stahlkonstruktionen liegt dieses Band frei, es wird in der Regel von einem oder mehreren Holmen gebildet. Im Falle so genannter Betonschutzeinrichtungen bilden die Bewehrungsstähle ein (überwiegend) nicht freiliegendes Zugband aus. Durch den eingesetzten Beton entstehen Schutzeinrichtungen hoher Masse mit einer hohen Trägheit gegen Verschiebung, die anprallenden Fahrzeugen einen zusätzlichen hohen Widerstand entgegensetzen.

Die Anfangs- und Endpunkte von Schutzeinrichtungen stellen in der Regel aufgrund ihrer hohen Steifigkeit in Längsrichtung potenzielle Gefahrenpunkte dar. Um diese nicht entstehen zu lassen, werden die Anfangs- und Endpunkte einer Schutzeinrichtung mit geeigneten Konstruktionen, eben den Anfangs- und Endkonstruktionen, versehen. Die häufigste AEK in Deutschland ist die Regelabsenkung, bei der der Stahlschutzplankenholm über 12 m hin abgesenkt und im Boden verankert wird. Neben der Sicherung der Anfangs- und Endpunkte von Schutzeinrichtungen kommt den AEK eine zweite wichtige konstruktive Funktion zu. Im Regelfall verankern die AEK das oben beschriebene Zugband

im Boden und stellen so das Funktionieren der Schutzeinrichtungen bis dicht an die AEK heran sicher.

Treffen zwei Schutzeinrichtungen unterschiedlicher Art aufeinander, müssen diese so verbunden werden, dass die Zugbandwirkung nicht verloren geht und im Übergangsbereich anprallende Fahrzeuge nicht gefährdet werden. Diesem Zweck dienen Übergangskonstruktionen. Die auffälligste Übergangskonstruktion in Deutschland ist der Übergang von einer Stahlschutzplanke zu einer Betonschutzwand.

In den Fällen, in denen eine Zugbandwirkung aufgrund von Platzmangel oder zu erwartendem ungünstigem Anprallwinkel oder Anprallpunkten nicht zum Tragen kommen kann, werden häufig Anpralldämpfer eingesetzt. Ihre Wirkungsweise beruht darauf, die Energie eines anprallenden Fahrzeugs zu absorbieren. Anpralldämpfer sind punktuell einzusetzende FRS und stellen damit eine ideale Ergänzung zu den eher linienhaft einzusetzenden Schutzeinrichtungen dar.

Den Einsatz von Fahrzeug-Rückhaltesystemen in Deutschland regeln die „Richtlinien für passive Schutzeinrichtungen an Straßen, RPS“ [RPS 89]. Diese Richtlinien schreiben für potenzielle Gefahrenpunkte am Fahrbahnrand, in Abhängigkeit vom verkehrlichen Umfeld, Typ und Einbau des einzusetzenden Fahrzeug-Rückhaltesystems vor. Als Folge davon kommt es überwiegend zum Einsatz von Standardtypen von Fahrzeug-Rückhaltesystemen. Dies erlaubte die Entwicklung von Fahrzeug-Rückhaltesystemen nach dem Baukastenprinzip mit entsprechend kostengünstigen standardisierten Bauteilen sowie hoher Wartungs- und Reparaturfreundlichkeit. Zudem konnten so Übergangskonstruktionen weitgehend vermieden oder problemlos die Zugbandwirkung erhalten werden. Andererseits werden durch eine solche Konstellation Innovationen gehemmt. Die in Deutschland derzeit noch überwiegend vorhandenen Schutzeinrichtungen wurden maßgeblich in den sechziger Jahren entwickelt. Eine ausführlichere Beschreibung der Entwicklungsgeschichte findet sich in [ELL 03].

Eine Form der Innovationshemmung besteht darin, dass Fahrzeug-Rückhaltesysteme, die in einem europäischen Land entwickelt wurden und erfolgreich eingesetzt werden, nur schwer Zugang zu einem anderen nationalen Markt erhalten, da jede Nation eigene Zulassungsverfahren anwendet. Die voranschreitende Harmonisierung des europäischen

Marktes fordert jedoch die europaweite Vermarktbarkeit zugelassener Fahrzeug-Rückhaltesysteme. Die Schwierigkeit besteht nun darin, geeignete Zulassungsverfahren zu definieren. Zu diesem Zweck wird vom Europäischen Normungsgremium CEN (Comité Européen de Normalisation) eine entsprechende EU-weit gültige Norm, eben die eingangs bereits erwähnte EN 1317 [EN 1317], erstellt.

Diese Norm beschreibt die Leistungsfähigkeit von Fußgänger- und Fahrzeug-Rückhaltesystemen, ordnet sie in Klassen ein und stellt damit eine Vergleichbarkeit von Rückhaltesystemen verschiedener Konstruktionen her (Fußgänger-Rückhaltesysteme sind nicht Gegenstand des vorliegenden Forschungsberichtes und werden daher im Folgenden nicht weiter betrachtet). Die Arbeiten an der EN 1317 sind noch nicht abgeschlossen, aber Teile liegen bereits vor und wurden vom Deutschen Institut für Normung DIN e. V. als DIN EN 1317 [EN 1317] übernommen. Ist die Norm vervollständigt und harmonisiert, können nur noch solche Fahrzeug-Rückhaltesysteme bei Umbau-, Neubau- und Ersatzmaßnahmen zum Einsatz kommen, die nach der DIN EN 1317 positiv geprüft wurden. An diese Norm müssen dann auch die nationalen Richtlinien, die den Einsatz von Fahrzeug-Rückhaltesystemen regeln, angepasst werden. Dies kann beispielsweise geschehen, indem für potenzielle Einsatzbereiche nicht mehr die Verwendung bestimmter Konstruktionen vorgeschrieben wird, sondern die Leistungsklassen nach DIN EN 1317 festgelegt werden, die ein Fahrzeug-Rückhaltesystem mindestens erfüllen muss, um eingesetzt werden zu können.

Die vorliegende Untersuchung bezieht sich weitgehend auf Systeme, die in Deutschland nach den RPS [RPS 89] eingesetzt werden. Es besteht ein hohes öffentliches Interesse, diese Systeme weiterhin in Deutschland einsetzen zu können, da allein die auf Bundesfernstraßen eingesetzten Systeme ein erhebliches volkswirtschaftliches Kapital darstellen.

Darüber hinaus wurden Schutzeinrichtungen mit erhöhtem Schutzpotenzial für Motorradfahrer geprüft. Motorradfahrer stellen eine Minderheit innerhalb der Verkehrsteilnehmer dar. Demzufolge lag der Fokus bei der Entwicklung der heute üblichen Schutzeinrichtungen auf dem Schutz der Pkw-Fahrer. Die Unfallpraxis zeigt jedoch, dass für Motorradfahrer beim Anprall an eine Schutzeinrichtung ein hohes Verletzungsrisiko besteht. Hier gilt es, Lösungen zu finden, die einerseits ein höheres

Schutzpotenzial für Motorradfahrer besitzen, andererseits aber die Pkw-Fahrer als Verkehrsmajorität nicht aus den Augen verlieren. Schutzeinrichtungen mit erhöhtem Schutzpotenzial für motorisierte Zweiradfahrer müssen daher in Prüfungen nach DIN EN 1317 ebenso ihre Eignung für mehrspurige Fahrzeuge nachweisen.

## 1.2 Die europäische Norm EN 1317

Der Beschluss der EU-Kommission, in Europa einen offenen Binnenmarkt zu schaffen, führte dazu, dass auch für den Produktbereich der Rückhaltesysteme an Straßen einheitliche Prüfbedingungen festgelegt werden mussten. Die Rückhaltesysteme an Straßen umfassen dabei Fahrzeug-Rückhaltesysteme sowie Fußgänger-Rückhaltesysteme (Brückengeländer). Es wurde eine europäische Norm mit dem Titel „Rückhaltesysteme an Straßen“ erarbeitet, in der Anprallversuche als maßgebliches Prüfverfahren für Fahrzeug-Rückhaltesysteme festgeschrieben wurden [EN 1317]. Sie gilt für sämtliche Arten von Produkten, die als Fahrzeug-Rückhaltesysteme im Straßenraum eingesetzt werden sollen und für die Mindestqualitätsanforderungen gelten. Nach ihrer Einführung wird sie den Status einer europäisch harmonisierten Norm haben (hEN 1317) und dann auch für Deutschland verbindlich sein, d. h., bei Neubau-, Umbau- und Ersatzmaßnahmen dürfen nur noch auf der Basis der hEN positiv geprüfte (zu erkennen am CE-Zeichen) Fahrzeug-Rückhaltesysteme eingesetzt werden.

Gegenwärtig gliedert sich die Norm in sechs Teile:

- DIN EN 1317-1: Rückhaltesysteme an Straßen; Teil 1: Terminologie und allgemeine Kriterien für Prüfverfahren; 1998,
- DIN EN 1317-2: Rückhaltesysteme an Straßen; Teil 2: Schutzeinrichtungen; Leistungsklassen, Abnahmekriterien für Anprallprüfungen und Prüfverfahren; 1998,
- DIN EN 1317-3: Rückhaltesysteme an Straßen; Teil 3: Anpralldämpfer; Leistungsklassen, Abnahmekriterien für Anprallprüfungen und Prüfverfahren; 2000,
- DIN V ENV 1317-4: Rückhaltesysteme an Straßen; Teil 4: Leistungsklassen, Abnahmekriterien für Anprallprüfungen und Prüfverfahren für Anfangs- und Endkonstruktionen und Übergänge von Schutzeinrichtungen; 2002,

- prEN 1317-5: Rückhaltesysteme an Straßen; Teil 5: Dauerhaltbarkeit, Konformitätsverfahren und -bescheinigung,
- prEN 1317-6: Rückhaltesysteme an Straßen; Teil 6: Fußgänger-Rückhaltesysteme, Brückengeländer.

Die Teile 1 bis 3 wurden vom DIN bereits als nationale Norm und der Teil 4 als Vornorm übernommen. Teil 5 und 6 existieren bisher nur als Entwurf. Teil 6 befasst sich ausschließlich mit Fußgänger-Rückhaltesystemen, die nicht Gegenstand dieses Forschungsprojektes sind. Im Folgenden beschränkt sich die Betrachtung auf die Teile 1 bis 5, in denen die Anforderungen an Fahrzeug-Rückhaltesysteme festgelegt werden. Die Struktur der EN 1317 Teile 1 bis 5 lässt sich wie folgt skizzieren:

- Teil 1: Terminologie, Grundlagen,
- Teil 2 bis 4: konkrete Prüfbedingungen für Prüfmuster,
- Teil 5: Überwachung der Produktion, um Übereinstimmung von den Produkten mit dem geprüften Muster sicherzustellen, Dauerhaltbarkeit.

Aus dieser Struktur wird deutlich, dass im Wesentlichen zwei Bausteine zu einer Freigabe nach DIN EN 1317 und Vergabe eines CE-Kennzeichens führen: die erfolgreiche Anprallprüfung eines Modells und die Sicherstellung, dass das angebotene Produkt auch mit dem ursprünglich geprüften Modell übereinstimmt (Konformität). Die Konformitätsbedingungen werden in Teil 5 der Norm festgelegt. Dieser Teil liegt bisher nur als Entwurf vor, auch wenn er mittlerweile kurz vor der Einführung steht. Demzufolge sind derzeit nur Anprallprüfungen nach den Teilen 1 bis 4 durchführbar. Dementsprechend beschränkt sich das vorliegende Forschungsprojekt auf die Durchführung und Auswertung von Anprallprüfungen gemäß DIN EN 1317. Der Markt in Deutschland ist bereits seit einigen Jahren für Neuentwicklungen geöffnet, trotz des fehlenden Teils 5 der Norm. Um das fehlende CE-Kennzeichen zu ersetzen, werden derzeit die Berichte zu den Anprallprüfungen herangezogen. Sie enthalten detaillierte Beschreibungen sowie Zeichnungen des Prüfobjekts, sodass eine Prüfung der Übereinstimmung von Prüfmuster und geliefertem Produkt durch die Straßenbaubehörden zumindest eingeschränkt möglich ist.

Der Teil 2 der DIN EN 1317 klassifiziert Schutzrichtungen nach drei Schlüsselgrößen:

- Aufhaltevermögen, d. h., welche Fahrzeugarten (Pkw, Lkw, Bus) typischerweise aufgehalten werden können.
- Wirkungsbereich, d. h., welchen Raum die Schutzrichtung neben der Fahrbahn für die seitliche Auslenkung benötigt, um die jeweilige Fahrzeugart aufzuhalten.
- Anprallheftigkeit, d. h., welche Belastungen und eventuelle Verletzungsrisiken für die Insassen eines anprallenden Pkws entstehen.

Eine ideale Schutzrichtung nach DIN EN 1317 könnte auf einem 60 cm breiten Streifen neben der Fahrbahn einen Lkw mit 38 t Gesamtgewicht sicher aufhalten, während Pkw nur behutsam umgelenkt werden. Es ist offensichtlich, dass diese Anforderungen nicht gleichzeitig erfüllbar sind, zumindest nicht nach heutigem Stand der (finanzierbaren) Technik. Demzufolge können Schutzrichtungen auch nicht eindimensional anhand der Prüfergebnisse in „gute“ und „schlechte“ Schutzrichtungen eingestuft werden. Vielmehr zeichnet sich eine gute Schutzrichtung dadurch aus, dass sie den Anforderungen der Einsatzsituation möglichst gut angepasst ist.

Grundsätzlich gelten die bei den Anprallprüfungen erreichten Einstufungen nur unter Prüfbedingungen. Eine Schutzrichtung, die in der Prüfung etwa einen Bus mit 13 t Gesamtgewicht erfolgreich aufgehalten hat, muss nicht in jedem Fall im realen Verkehrsgeschehen einen Bus aufhalten können. Die verschiedenen Fahrzeugarten in den Prüfungen stehen in erster Linie stellvertretend für die Anprallenergien, mit denen eine Schutzrichtung belastet werden kann, ohne dass anprallende Fahrzeuge sich unkontrolliert verhalten. Damit wird die Vergleichbarkeit verschiedener Schutzrichtungen hergestellt. Die Prüfbedingungen sind so gewählt (siehe Bild 1), dass im Regelfall Fahrzeuge gleichen Typs wie das Prüffahrzeug aufgehalten werden können. Die Prüfergebnisse liefern fundierte Hinweise für das Aufhaltevermögen, das tatsächliche Aufhaltevermögen im Unfallgeschehen hängt jedoch zusätzlich von den Einsatz- und Anprallbedingungen ab. Entsprechendes gilt für den Wirkungsbereich und die Anprallheftigkeit.

Grundsätzlich müssen zum Nachweis einer Aufhaltstufe zwei Prüfungen bestanden werden, die sich in ihren Anforderungen unterscheiden. Eine Prüfung mit hoher Anprallenergie, d. h. mit einem Lkw oder Bus als Prüffahrzeug, soll das maximale Auf-

| Anprallwinkel | Anprallgeschwindigkeit | Anprallvariation<br>(Soll-Werte) |             |                     |  | Prüfung<br>TB | mit<br>Prüfung<br>TB | Eignung       |                                 |
|---------------|------------------------|----------------------------------|-------------|---------------------|--|---------------|----------------------|---------------|---------------------------------|
|               |                        | Fahrzeugmasse                    | Fahrzeugart | Anprallenergie [kJ] |  |               |                      | Aufhaltestufe |                                 |
| 8°            | 80 km/h                | 1,3 t                            |             | 6                   |  | 21            | —                    | T1            | nur für vorübergehenden Einsatz |
| 15°           | 80 km/h                | 1,3 t                            |             | 22                  |  | 22            | —                    | T2            |                                 |
| 8°            | 70 km/h                | 10 t                             |             | 37                  |  | 41            | 21                   | T3            |                                 |
| 20°           | 100 km/h               | 0,9 t                            |             | 41                  |  | 11            | —                    | —             |                                 |
| 20°           | 80 km/h                | 1,5 t                            |             | 43                  |  | 31            |                      | N1            | normales Aufhaltevermögen       |
| 20°           | 110 km/h               | 1,5 t                            |             | 82                  |  | 32            | 11                   | N2            |                                 |
| 15°           | 70 km/h                | 10 t                             |             | 127                 |  | 42            | 11                   | H1            | höheres Aufhaltevermögen        |
| 20°           | 70 km/h                | 13 t                             |             | 287                 |  | 51            | 11                   | H2            |                                 |
| 20°           | 80 km/h                | 16 t                             |             | 462                 |  | 61            | 11                   | H3            |                                 |
| 20°           | 65 km/h                | 30 t                             |             | 572                 |  | 71            | 11                   | H4a           | sehr hohes Aufhaltevermögen     |
| 20°           | 65 km/h                | 38 t                             |             | 724                 |  | 81            | 11                   | H4b           |                                 |

Bild 1: Prüfbedingungen und Aufhaltestufen für Schutzvorrichtungen nach DIN EN 1317

haltevermögen und die seitliche Auslenkung des Systems nachweisen. Eine zweite Prüfung wird mit einem leichten Pkw als Prüffahrzeug durchgeführt. Damit soll der Nachweis erbracht werden, dass das System die Fähigkeit zum Aufhalten und Umlenken auch kleiner Fahrzeuge besitzt, ohne die Insassen einer übermäßigen Beanspruchung auszusetzen (TB 11 in Bild 1).

Der Wirkungsbereich zeigt an, welchen seitlichen Raumbedarf eine Schutzvorrichtung hat. Der in der Prüfung gemessene Wirkungsbereich wird entsprechend Tabelle 1 klassifiziert.

Der Begriff Wirkungsbereich lässt sich am einfachsten anhand eines Beispiels verdeutlichen. Befindet sich ein gefährliches Hindernis im Seitenraum in einem Abstand von 2 m zum Fahrbahnrand, so stehen, aufgrund eines Mindestabstandes von 0,5 m zwischen Fahrbahnrand und Vorderkante Schutzvorrichtung, insgesamt 1,50 m für die

| Wirkungsbereichsklasse | Wirkungsbereich [m] |
|------------------------|---------------------|
| W1                     | ≤ 0,6               |
| W2                     | ≤ 0,8               |
| W3                     | ≤ 1,0               |
| W4                     | ≤ 1,3               |
| W5                     | ≤ 1,7               |
| W6                     | ≤ 2,1               |
| W7                     | ≤ 2,5               |
| W8                     | ≤ 3,5               |

Tab. 1: Klassen des Wirkungsbereichs nach [EN 1317]

Schutzvorrichtung selbst und ihre Auslenkung zur Verfügung. In diesem Beispiel läge der maximal zulässige Wirkungsbereich bei 1,50 m, also ist die Wirkungsbereichsklasse W4 erforderlich (W1, W2, W3 wären ebenfalls zulässig). Der Wirkungsbereich ist also der Abstand zwischen der unausgelenkten Systemvorderkante und der äußersten seit-

lichen Position der verschobenen Hinterkante der Schutzeinrichtung während der Prüfung (bei der Prüfung mit schweren Fahrzeugen ist zu berücksichtigen, dass diese häufig in Schräglage geraten und so über die Hinterkante der Schutzeinrichtung hinausragen).

Da der Wirkungsbereich abhängig von der Anprallenergie und damit vom Prüftyp ist, ist der Vergleich von Wirkungsbereichen, die für verschiedene Aufhaltstufen ermittelt wurden, problematisch.

Die Nachgiebigkeit einer Schutzeinrichtung lässt sich nicht anhand der Auslenkung der Hinterkante beurteilen, da die Schutzeinrichtung zusätzlich noch eingedrückt werden kann. Um diese Nachgiebigkeit zu erfassen, wird neben dem Wirkungsbereich auch die Durchbiegung der Vorderkante bestimmt. Dabei wird der größte Abstand der verschobenen Vorderkante und der ursprünglichen Vorderkante bestimmt. Aufgrund der Elastizität der Schutzeinrichtung verringert sich die Durchbiegung nach dem Anprallvorgang häufig. Es wird die größte Durchbiegung während des dynamischen Anprallvorgangs bestimmt, die Norm verwendet daher den Begriff der „dynamischen Durchbiegung“.

Die Bewertung der Anprallheftigkeit (Insassenbelastung) wird anhand von Beschleunigungen analysiert, die am Fahrzeug während des Anprallvorgangs gemessen werden. Bei dem Kennwert ASI (Acceleration Severity Index) werden die dabei ermittelten Werte über ein Zeitintervall von 50 ms gemittelt und mit vorgegebenen Grenzwerten, die aus biomechanischen Erkenntnissen gewonnen wurden, über eine mathematische Formel ins Verhältnis gesetzt. Parallel zum ASI wird der Kennwert THIV (Theoretical Head Impact Velocity) zusammen mit dem PHD (Post Head Deceleration) bestimmt. Hierbei wird die Anprallgeschwindigkeit eines frei beweglichen Kopfes an die Begrenzung eines vereinfachten Fahrzeuginnenraumes berechnet (THIV), bzw. die maximale Beschleunigung des Kopfes nach Kontakt mit der gedachten Innenraumbegrenzung (PHD). Alle Kennwerte sollen in erster Linie eine Möglichkeit des Vergleichs von verschiedenen Schutzsystemen untereinander bieten. Aufgrund fehlender Vergleichsuntersuchungen ist es derzeit nicht möglich, unmittelbar aus den Kennwerten auf die reale zu erwartende Verletzungsschwere zu schließen. Eine Kompassfunktion für Vergleiche im dem Sinne, dass niedrigere ASI- oder THIV-Werte ein niedrigeres Verletzungsrisiko für die Insassen bedeuten, ist plausibel und ent-

spricht auch bisherigen Erfahrungen und Testmessungen.

Im Rahmen einer europäischen Arbeitsgruppe unter Beteiligung der BAST konnte gezeigt werden, dass der Wert des PHD bei gleichen Versuchsbedingungen starken Schwankungen unterliegt. Aufgrund dieser mangelnden Reproduktivität wird dieser Index in zukünftigen Normfassungen entfallen.

Auch die Anprallheftigkeit wird klassifiziert. Ein ASI-Wert von 1 oder weniger entspricht der Anprallheftigkeitsstufe A, ein ASI-Wert über 1 bis 1,4 wird in die Anprallheftigkeitsstufe B eingeordnet. Die Einstufung gilt nur dann, wenn der Wert des THIV bei 33 km/h oder darunter liegt und der Wert des PHD 20 g nicht übersteigt (1 g ist die Fallbeschleunigung auf der Erdoberfläche und entspricht etwa 9,81 m/s<sup>2</sup>). Die Norm lässt aber auch den Einsatz von Schutzeinrichtungen zu, die diese Bedingungen nicht erfüllen. Solche Schutzeinrichtungen werden im Folgenden symbolisch mit „> B“ gekennzeichnet.

Der Teil 3 der DIN EN 1317 behandelt Anpralldämpfer. Alle in Deutschland eingesetzten Anpralldämpfer unterliegen Schutzrechten. Anprallversuche nach DIN EN 1317-3 sind daher Sache der jeweiligen Hersteller.

Teil 4 der DIN EN 1317 behandelt Anfangs- und Endkonstruktionen sowie Übergangskonstruktionen. Anprallversuche an Übergangskonstruktionen entsprechen den Anprallversuchen nach Teil 2 der Norm an Schutzeinrichtungen. Anprallversuche an Anfangs- und Endkonstruktionen sind teilweise anderer Natur. Teil 4 der Norm liegt nur als Vornorm vor, d. h., bevor ein Übergang zur Norm erfolgt, wird der Inhalt der Vornorm anhand der gesammelten Erfahrungen überprüft. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurden daher Anprallprüfungen nach Teil 4 der Norm durchgeführt, um entsprechende Erfahrungen zu sammeln, diese in eine eventuelle Umgestaltung der Vornorm einzubringen zu können und um die Leistungsfähigkeit der in Deutschland derzeit eingesetzten Anfangs- und Endkonstruktionen zu prüfen.

Teil 4 der Norm sieht neben seitlichen Anprallversuchen ähnlich denen nach Teil 2 auch frontale Anfahrten auf die Spitze der Anfangs- und Endkonstruktion vor. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die Prüftypen in der Vornorm DIN EN 1317-4.

Auch die Prüfergebnisse von AEK werden klassifiziert. Die Klassifizierung der Anprallheftigkeit entspricht weitgehend der Vorgehensweise bei den

| Prüfung    | Anprallgeschwindigkeit [km/h] | Anprallwinkel [Grad] | Gesamtmasse des Fahrzeugs [kg] |
|------------|-------------------------------|----------------------|--------------------------------|
| TT 1.2.100 | 100                           | 0 <sup>1</sup>       | 1.300                          |
| TT 1.3.110 | 110                           | 0 <sup>1</sup>       | 1.500                          |
| TT 2.1.80  | 80                            | 0 <sup>2</sup>       | 900                            |
| TT 2.1.100 | 100                           | 0 <sup>2</sup>       | 900                            |
| TT 4.2.80  | 80                            | 15                   | 1.300                          |
| TT 4.2.100 | 100                           | 15                   | 1.300                          |
| TT 4.3.110 | 110                           | 15                   | 1.500                          |
| TT 5.1.80  | 80                            | 165                  | 900                            |
| TT 5.1.100 | 100                           | 165                  | 900                            |

<sup>1</sup> entlang der Längsachse der AEK  
<sup>2</sup> entlang Längsachse um 1/4 Fahrzeugbreite zur Fahrbahnseite versetzt

**Tab. 2:** Prüfungen für Anfangs- und Endkonstruktionen (AEK) [EN 1317]

Schutzeinrichtungen, mit zwei Unterschieden: Liegt der Anprallwinkel bei 0°, ist ein THIV von bis zu 44 km/h zulässig. Die Norm sieht keine Möglichkeit vor, eine AEK einzusetzen, die nicht einer der Anprallheftigkeitsstufen zugeordnet werden kann.

Anstelle des Wirkungsbereiches wird die seitliche Auslenkung klassifiziert. Die seitliche Auslenkung zur Fahrbahn hin ist auf 3 m beschränkt, um das Hineinragen in den Verkehrsraum zu begrenzen. Ebenso wird das Abprallverhalten danach klassifiziert, ob 4 m oder 6 m von der Vorderkante entfernte Linien beim Abprall überquert werden.

## 2 Ziele und Aufgabenstellung

### 2.1 Ziele

Vorrangiges Ziel der Untersuchung ist die Qualifizierung und spätere Zertifizierung der entsprechend den RPS [RPS 89] in Deutschland am häufigsten eingesetzten Schutzsysteme aus Stahl und Beton nach den Anforderungsstufen der europäischen Norm DIN EN 1317-2 und DIN EN 1317-4 [EN 1317]. Das Projekt ergänzt die bereits in [ELL 03] veröffentlichten Versuche und stellt eine Weiterentwicklung vor.

Die Qualifizierung ist ein wesentlicher und notwendiger Schritt, um den hohen Sicherheitsansprüchen in Deutschland durch Beibehaltung der gebräuchlichsten Systeme gerecht zu werden und das vorhandene volkswirtschaftliche Kapital, das die be-

stehenden Schutzeinrichtungen darstellen, zu sichern. Außerdem soll die Untersuchung dazu beitragen, ein aktuelles Bild über die Leistungsfähigkeit der richtlinienkonform eingesetzten Systeme zu erlangen.

Mittels der durchgeführten Anprallversuche sollen aber auch die Grenzen bzw. evtl. Schwachstellen der gegenwärtig eingesetzten Schutzeinrichtungen offengelegt werden, um somit das vorhandene Wissen über die Wirkungsweise der Systeme zu vervollständigen. Damit wird die Möglichkeit geschaffen, konstruktive Veränderungen vorzunehmen, um das o. g. Ziel ggf. mit modifizierten Standard-Schutzeinrichtungen zu erreichen. Gelingt dies nicht, so lassen sich sinnvolle Anwendungsbereiche für geschützte, von einzelnen Herstellern entwickelte Konstruktionen aufzeigen. In diesem Sinn können die Versuchsergebnisse als Grundlage für den Einsatz wirksamerer Systeme genutzt werden.

Auf Grund neuer Anforderungen besteht die Notwendigkeit, die nationalen Regelwerke mittelfristig anzupassen. Die Untersuchungen ermöglichen die Einbeziehung der Ergebnisse bei der Erstellung von nationalen Richtlinien, wie den neuen „Richtlinien für den Einsatz von Fahrzeug-Rückhaltesystemen an Straßen“, die zurzeit erarbeitet werden.

Darüber hinaus ermöglichen die durchgeführten Untersuchungen den Anwendern in den Straßenbauverwaltungen eine fundiertere Einschätzung der Leistungsfähigkeit der von ihnen eingesetzten Fahrzeug-Rückhaltesysteme. Sie können deren Leistungsmerkmale somit künftig besser auf die Einsatzerfordernisse abstimmen.

Die Ergebnisse aus allen Versuchen sollen im internationalen Normungsgremium CEN-TC226-WG1 eingebracht werden und maßgeblich die Haltung der deutschen Vertretung untermauern, mit dem Ziel, die heute vorhandene Leistungsfähigkeit der in Deutschland verwendeten Systeme im System der europäischen Leistungsklassen so festzuschreiben, dass einerseits sinnvolle Einsatzmöglichkeiten für die bestehenden Standardsysteme erhalten bleiben und andererseits genügend Innovationsspielraum für die Entwicklung neuer, verbesserter Fahrzeug-Rückhaltesysteme entsteht. Im Einzelfall können dabei auch Grenzen bereits bestehender Normvorgaben aufgedeckt werden und die Versuchsergebnisse somit Grundlage für Änderungen sein. Auf der Grundlage der Versuchsergebnisse können Normvorgaben für die Wahl der Anprallparameter, z. B. die Lage des Anprallpunk-

tes, und für die Anforderungen an die Aufhaltequalität der Systeme besser eingeschätzt werden.

## 2.2 Aufgabenstellung

Aus diesen Zielen folgt für die Aufgabenstellung, dass die Anprallparameter und die Durchführung der Versuche den Anforderungen der europäischen Norm [EN 1317] entsprechen müssen.

Im Rahmen der Untersuchung [ELL 03] wurden bereits die in den RPS [RPS 89] enthaltenen Stahl- und Betonschutzsysteme als Sicherung am Fahrbahnrand und als Mitteltrennung entgegengerichteter Fahrbahnen in ihrer jeweiligen Grundausführung durch Anprallversuche untersucht. Das vorliegende Forschungsprojekt stellt eine Ergänzung dar. Es wurden zwei modifizierte Standardsysteme erprobt, um Schwächen, die sich in [ELL 03] gezeigt haben, zu beseitigen. Darüber hinaus wurden Schutzeinrichtungen mit erhöhtem Schutzpotenzial für motorisierte Zweiradfahrer sowie Anfangs- und Endkonstruktionen erprobt.

## 3 Versuchsdurchführung

### 3.1 Versuchsprogramm

Insgesamt wurden im Rahmen des zugrunde liegenden Forschungsprojektes, im Zeitraum der Jahre 2000 bis 2003, 8 verschiedene Fahrzeugrückhaltesysteme in 11 Versuchen untersucht. Zwei Versuche an zwei unterschiedlichen Systemen wurden bereits in [ELL 03] erschöpfend behandelt: die einfache Schutzplanke mit einem Pfostenabstand von 2 m (ESP 2,0 A-Profil) sowie die Ortbetonschutzwand in New-Jersey-Profilierung mit einer Höhe von 115 cm. Auf die Versuche an diesen Schutzeinrichtungen wird daher in diesem Bericht nicht näher eingegangen. Dieser Bericht behandelt die verbleibenden 6 Fahrzeug-Rückhaltesysteme, 9 an ihnen durchgeführte Versuche und zusätzlich einen früheren Versuch. An einem der untersuchten Fahrzeug-Rückhaltesysteme wurde bereits im Rahmen eines früheren Projektes ein Versuch durchgeführt, dessen Ergebnisse bisher noch nicht veröffentlicht wurden, weil dieser Versuch allein nicht ausreichte, die angestrebte Leistungsklasse nachzuweisen.

Die behandelten Fahrzeug-Rückhaltesysteme sind zum Teil ergänzend zu den in [ELL 03] untersuchten Systemen entsprechend den RPS [RPS 89]

ausgewählt worden. Bei 3 solchen Versuchen wurden 2 Problemfälle im Mittelstreifen aufgegriffen:

1. Das unbefriedigende Verhalten der Pfosten im Bereich von Mittelstreifenüberfahrten.
2. Die widersprüchlichen Prüfergebnisse der Doppelten Distanzschutzplanke mit Pfostenabstand von 2 m, die zwar der Aufhaltstufe H2 knapp genügte, aber die Prüfung zur niedrigeren Aufhaltstufe H1 nicht bestand.

4 Versuche wurden an Schutzeinrichtungen mit erhöhtem Schutzpotenzial für motorisierte Zweiradfahrer durchgeführt. Hier wurden zwei verschiedene Schutzeinrichtungen jeweils auf die Aufhaltstufe N2 hin geprüft. Zum einen handelt es sich dabei um die Konstruktion „Kastenprofil mit Unterfahrerschutz“, die aus einem Forschungsprojekt der BAST in Kooperation mit der DEKRA aus Anpralltest mit Motorrädern hervorging [BÜR 01].

2 Versuche wurden an Anfangs- und Endkonstruktionen entsprechend den [RPS 89] durchgeführt. Im Fall der Kurzabsenkung wurde ein Anprallversuch mit frontaler Anfahrt auf die Spitze, d. h. entlang der Längsachse der Konstruktion gewählt, da dieser Test besonders kritisch ist. Für die Regelabsenkung wurde ein solcher Test bereits 1996 erfolgreich durchgeführt, sodass im Rahmen dieses Forschungsprojektes ein seitlicher Anprall gewählt wurde, um die Regelabsenkung der Einfachen Distanzschutzplanke auf die Leistungsklasse P2U zu qualifizieren. Beide Versuche an der Regelabsenkung werden in diesem Bericht ausgewertet.

Eine Übersicht über die untersuchten Fahrzeugrückhaltesysteme und das Versuchsprogramm geben Tabelle 3 und Tabelle 4.

Nicht alle geprüften Schutzeinrichtungen sind in den RPS in der geprüften Bauform vorgesehen. Vielmehr wurden auch gezielte Modifikationen der RPS-konformen Schutzeinrichtungen geprüft.

Im Falle der Doppelten Distanzschutzplanke mit Pfostenabstand von 2 m (DDSP 2,0) ergab sich aus früheren Forschungsprojekten, dass der Nachweis der Aufhaltstufe H2 knapp gelang, die Prüfung auf die Aufhaltstufe H1 jedoch negativ verlief. Auch bei der Prüfung auf die Aufhaltstufe H2 war das Verhalten nicht befriedigend, wenn auch nach den Normkriterien knapp positiv [ELL 03]. Daher wurde in diesem Forschungsprojekt eine Variante der DDSP 2,0 geprüft, bei der die Verbindung der beiden parallel verlaufenden Holzstränge durch zwei

| Fahrzeugrückhalte-system             | Bauteile   | TL-SP Zeichnungs-Nr.                            |
|--------------------------------------|--|---|
| DDSP 4,0 A-Profil in Rohrhülse       | Holm Profil A, Steckpfosten, Hülse, Distanzstück, Pfostenklau, Befestigungsmaterial  | 8, 1; 101, 107, 115, 16, 121, 161, 162          |
| DDSP 2,0 ++* A-Profil                | Holm Profil A, Pfosten Sigma, Distanzstück, Pfostenklau, Befestigungsmaterial  | 3, 8; 103, 115, 116, 161, 162                   |
| Kastenprofil mit Unterfahrschutz     | Kastenprofil, Stoßverbinder, Pfosten Sigma; Unterfahrschutz: Bügelhalterung für Plankenstrang und -endstücke               | 103, 152<br>siehe Anhang 2                      |
| ESP 4,0 B-Profil mit Unterfahrschutz | Holm Profil B, Pfosten Sigma, Stützbügel; Unterfahrschutz: Bügelhalterung für Plankenstrang und -endstücke                 | 1, 8; 102, 103, 111, 161, 162<br>siehe Anhang 2 |
| EDSP 2,0 Regelabsenkung              | Holm Profil A/Holm Profil B, Absenkwinkelstück, Kopfstück, Pfosten Sigma/Pfosten IPE mit Druckplatte, Befestigungsmaterial | 8, 17; 101, 102, 103, 105, 123, 129, 161, 162   |
| EDSP 2,0 Kurzabsenkung               | Holm Profil A/Holm Profil B, Absenkwinkelstück, Kopfstück, Pfosten Sigma/Pfosten IPE mit Druckplatte, Befestigungsmaterial | 8, 17; 101, 102, 103, 105, 123, 129, 161, 162   |

\* Bei dem System der DDSP 2,0 ++ sind gegenüber der DDSP 2,0 nach RPS [RPS 89] und TL-SP [TL-SP] zwei Distanzstücke zusätzlich eingebaut. Die Distanzstücke befinden sich, von einem Stoß ausgehend entlang des Holms gemessen, bei 0 m, 1,33 m, 2,0 m, 2,67 m, 4,0 m/0 m usw.

**Tab. 3:** Übersicht über untersuchte Fahrzeug-Rückhaltesysteme und deren wichtigste Bauteile mit Bezug zu den Regelwerken (TL-SP [TL-SP] und RPS [RPS 89])

zusätzliche Distanzstücke je Holmpaar steifer gestaltet wurde. Ziel war es, bei minimaler Modifikation die Schwächen der konventionellen DDSP 2,0 zu beseitigen. Als potenziellen Einsatzort dieser Variante bietet sich der Einsatzort der konventionellen DDSP 2,0 im Mittel- und Trennstreifen an.

Sowohl im Falle der Einfachen Schutzplanke mit 4,0 m Pfostenabstand (ESP 4,0 – UFS) mit Unterfahrschutz als auch im Falle des Kastenprofils mit Unterfahrschutz bestand das Ziel darin, Schutzeinrichtungen mit erhöhtem Schutzpotenzial für Motorradfahrer bereitzustellen. Beide sind in erster Linie als Ersatz der ESP an für Motorradfahrern kritischen Stellen gedacht. Als typischer Einsatzort ist daher der Randbereich zu erwarten.

| Fahrzeugrückhaltesystem              | Einsatzort nach RPS    | Versuchsnummern          | Versuchstypen nach DIN EN 1317 | geprüfte Leistungsklasse |
|--------------------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| DDSP 4,0 A-Profil in Rohrhülse       | Mittelstreifen         | 2000 7D 06               | TB 42                          | H1                       |
| DDSP 2,0 ++* A-Profil                | -                      | 2003 7D 02<br>2003 7D 01 | TB 51<br>TB 11                 | H2                       |
| Kastenprofil mit Unterfahrschutz     | -                      | 2000 7D 21<br>2000 7D 20 | TB 32<br>TB 11                 | N2                       |
| ESP 4,0 B-Profil mit Unterfahrschutz | -                      | 2002 7D 19<br>2002 7D 18 | TB 32<br>TB 11                 | N2                       |
| EDSP 2,0 Regelabsenkung              | Rand- + Mittelstreifen | 96 7D 30<br>2001 7T 13   | TT 2.1.80**<br>TT 4.2.80       | P2U                      |
| EDSP 2,0 Kurzabsenkung               | Rand- + Mittelstreifen | 2001 7T 12               | TT 2.1.80                      | P1                       |

\* Zwei zusätzliche Distanzstücke, siehe 4.2  
\*\* Versuch im Rahmen eines früheren Forschungsprojektes durchgeführt

**Tab. 4:** Übersicht über das Versuchsprogramm

### 3.2 Versuchsaufbau und -abwicklung

Die Durchführung der Versuche wurde nach den Vorgaben der Normen [EN 1317] durchgeführt. Als Gelände wurde das von der TÜV Automotive GmbH betriebene Versuchsgelände in München-Allach (s. Kapitel 4.5) genutzt. In Tabelle 5 sind die untersuchten Systeme mit den dazugehörigen Aufbaumerkmalen aufgelistet.

Alle Stahlssysteme wurden in den vorhandenen Boden des jeweiligen Versuchsgeländes gerammt, ohne dass dieser verdichtet oder in anderer Weise aufbereitet wurde. Die Rammzeiten für einen Pfosten lagen auf dem Testgelände bei ca. 1,5-2 Minuten. Der Boden besteht aus einem Kies-Sand-Gemisch mit geringen bindigen Anteilen und entspricht der Bodenklasse 4 bis 5 (DIN 18300, mittelschwer bis schwer lösbare Bodenarten). Die Stahlssysteme (Vorderkante) wurden gemäß den RPS [RPS 89] im Abstand von 0,5 m zur befestigten Fläche aufgestellt.

Der Anprall erfolgt immer mit der linken Seite des Fahrzeugs. Dies entspricht dem Abkommen eines Fahrzeugs von der Fahrbahn nach links. In den technischen Vorgaben der Normen [EN 1317] wird nicht zwischen einem Links- und Rechtsanprall unterschieden.

| Fahrzeugrückhaltesystem                                     | geprüft auf Leistungsklasse | Aufbau-<br>länge<br>[m] | Anfangs-/<br>Endkon-<br>struktion | Ver-<br>anke-<br>rungen | Anprall-<br>punkt          |
|---|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| DDSP 4,0<br>A-Profil in<br>Rohrhülse                        | H1                          | 60                      | ja/ja                             | nein                    | 17 m                       |
| DDSP 2,0 ++*<br>A-Profil                                    | H2                          | 80                      | ja/ja                             | nein                    | 28 m                       |
| Kastenprofil mit<br>Unterfahrerschutz                       | N2                          | 60                      | ja/ja                             | nein                    | 20 m                       |
| ESP 4,0<br>B-Profil mit<br>Unterfahrerschutz                | N2                          | 60                      | ja/ja                             | nein                    | 20 m                       |
| EDSP 2,0<br>Regelabsenkung                                  | P2U                         | 12                      | ja/nein                           | nein                    | 8 m                        |
| EDSP 2,0<br>Kurzabsenkung                                   | P1                          | 4                       | ja/nein                           | nein                    | frontal<br>ver-<br>setzt** |
| * Zwei zusätzliche Distanzstücke, siehe 4.2                 |                             |                         |                                   |                         |                            |
| ** Um 1/4 der Fahrzeugbreite zur Verkehrsseite hin versetzt |                             |                         |                                   |                         |                            |

**Tab. 5:** Untersuchte Fahrzeug-Rückhaltesysteme mit den dazugehörigen Aufbaumerkmalen

Als Versuchsfahrzeuge wurden nach DIN EN 1317 [EN 1317] handelsübliche Fahrzeuge unterschiedlicher Hersteller verwendet. In Teil 1 der DIN EN 1317 sind lediglich fahrzeugspezifische Massen und Abmessungen genannt, die eine Auswahl unter verschiedenen Fahrzeugtypen in Europa ermöglichen. Mit den Festlegungen von Toleranzen sollen allerdings außergewöhnliche Fahrzeuge ausgeschlossen werden.

Bei den insgesamt 9 Versuchen kamen 2 Fiat Uno, ein Opel Corsa, ein Peugeot 205 als leichte Pkw zum Einsatz, für schwerere Pkw-Versuche wurden BMW der 5er Reihe verwendet. Im Bereich der Lkw kamen ein MAN 16192 FL sowie ein Bus des Typs Steyr SS 11 HUA 240 zum Einsatz.

Bei allen Versuchen an Stahlschutzeinrichtungen waren jeweils 12 m Absenkungen am Anfang und am Ende der Schutzeinrichtungen eingebaut. Die Absenkungen wurden über (nahezu) vollständig eingerammte Pfosten in den Erdboden eingebunden und übertragen so die Längskräfte aus dem Zugband in den Boden. Der Anprallpunkt lag bei den Versuchen entsprechend der Forderung aus Teil 2 der DIN EN 1317 [EN 1317] in der Regel im Bereich von 1/3 der Systemlänge, gemessen ohne Anfangs- und Endabsenkung.

Bei allen Versuchen an Anfangs- und Endkonstruktionen wurden Schutzeinrichtungen in ausreichen-

der Länge angeschlossen. Ausreichend bedeutet in diesem Zusammenhang, dass am Ende der Schutzeinrichtung keine Verschiebung mehr auftrat und das Anhängen einer längeren Schutzeinrichtung demzufolge keinen Einfluss auf die Versuchsergebnisse gehabt hätte. Damit ist sichergestellt, dass die Steifigkeit der AEK auf dem Testgelände dem realen Einsatzfall entspricht.

### 3.3 Technik (ECV)

Für die Durchführung der Anprallversuche an Schutzeinrichtungen wird das vom TÜV Süd-deutschland entwickelte Electronically Controlled Vehicle-Crash- System (ECV) [ECV 92], [ELL 03] verwendet.

Die elektronische Spurführung des ECV-Systems arbeitet mit einem oder mehreren sollkursbestimmenden Leitkabeln, die von einem Wechselstrom durchflossen werden und ein elektromagnetisches Feld erzeugen. Das oder die Leitkabel können in oder über der Fahrbahn verlegt werden, müssen aber eine geschlossene Leiterschleife bilden. Die an der Fahrzeugfront angebrachte Antenne (Kreuzspule), üblicherweise 30 cm über der Fahrbahn und ca. 100 cm vor der Vorderachse in Fahrzeugmitte, wertet das elektromagnetische Feld aus und ermittelt eventuelle Kursabweichungen. Diese werden zusammen mit dem Leitkabelstrompegel an den Regelrechner weitergeleitet, der beim Pkw im Kofferraum des Fahrzeugs, beim Lkw im Fahrerhaus montiert ist. Der Regelrechner übernimmt dabei die Aufgabe, durch entsprechende Verarbeitung des Eingangssignals eine Stellgröße für den beim Pkw an der Radaufhängung, beim Lkw an der Lenksäule angebrachten Lenkmotor zu ermitteln. Der Lenkmotor stellt dann den Lenkwinkel auf ein Minimum der Fahrzeugseitenabweichung ein.

Ein zuverlässiges Lösen des Lenkungseingriffes und des Antriebs vor dem Anprall an die Schutzeinrichtung ist gemäß DIN EN 1317-2 [EN 1317] erforderlich. Für die Unterbrechung des Lenkeingriffes wird beim Pkw der Lenkmotor abgeworfen, beim Lkw von der Lenksäule weggeschwenkt. Der Antrieb wird bei beiden Fahrzeugarten durch das Betätigen der Kupplung getrennt. Eine redundante Elektronik dokumentiert den erfolgreichen Abkoppelvorgang.

Das ECV-System arbeitet nach folgenden Prinzipien:

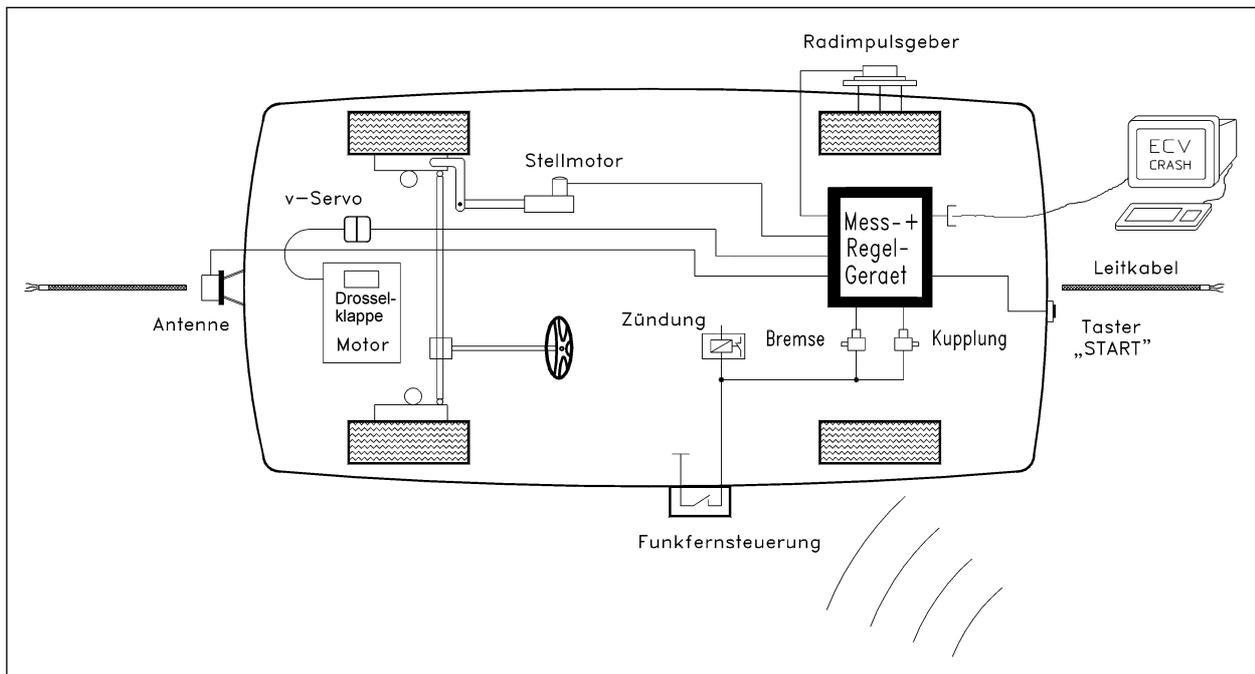


Bild 2: Prinzipbild eines ECV-Fahrzeugs nach [ECV 92]

- Das Fahrzeug fährt mit eigener Motorkraft. Bei schweren Fahrzeugen wird zum Teil in der Anfangsphase der Beschleunigung ein zusätzliches Schubfahrzeug eingesetzt, um das Erreichen der benötigten Endgeschwindigkeit auch auf kurzen Anfahrbahnen sicherzustellen.
- Das Fahrzeug wird durch bordeigene elektronische Steuer- und Regelsysteme fahrerlos entlang eines im Boden verlegten Leitkabels geführt.
- Es erfolgt keine mechanische Zwangsführung des Fahrzeugs.
- Der Antriebsstrang und der Lenkungseingriff werden vor dem Anprall abgekoppelt.

In die Testfahrzeuge sind eine crashfeste „On-board“-Messdatenerfassung und Aufzeichnung eingebaut. Es ist keine Kabelverbindung zwischen Fahrzeug und Steuerzentrale notwendig.

Dabei sind für den Einsatz beim Pkw folgende Eingriffe notwendig:

- die Ansteuerung der Lenkung zur Querführung des Fahrzeugs,
- die Betätigung der Drosselklappe oder Einspritzpumpe zur Geschwindigkeitsregelung,
- die Ansteuerung der Bremse und Kupplung für Anfahr- und Abbremsvorgänge.

## 4 Versuchsauswertung

### 4.1 Allgemeines

Nachfolgend werden die einzelnen Ergebnisse aller 9 Versuche des zugrunde liegenden Forschungsprojektes (Zeitraum 2000 bis 2003) sowie eines Versuches aus einem früheren Projekt aus dem Jahre 1995 ausgewertet. Die Auswertung beschränkt sich auf wesentliche Kernaussagen, eine ausführliche Beschreibung von Systemaufbau, Systemverhalten und Fahrzeugverhalten findet sich im Anhang. Für jedes untersuchte Fahrzeug-Rückhaltesystem erfolgt die Einstufung der Ergebnisse in die Leistungsklassen der europäischen Norm.

Im Falle der im Rahmen dieses Projektes geprüften Schutzvorrichtungen erfolgt die Zuordnung der Wirkungsbereiche zu den Aufhaltestufen N2, H1 und H2 anhand der Versuche mit schwereren Fahrzeugen (schwerer Pkw TB 32, Lkw TB 42, Bus TB 51) und entsprechend höheren Anprallenergien. Für die Einstufung der Anprallheftigkeit sind jeweils die Kontrollversuche mit leichtem Pkw (TB 11) bestimmend.

Prüfungen an Anfangs- und Endkonstruktionen werden grundsätzlich mit Pkw als Prüffahrzeugen durchgeführt. Anfangs- und Endkonstruktionen sollen immer hinreichend weit von zu schützenden Stellen (Gefährdung Dritter) entfernt montiert wer-

den. Die Rückhaltefähigkeit ist damit nicht Gegenstand der Betrachtung. Es werden zwar Prüfungen mit schweren Pkw durchgeführt, die Norm fordert jedoch nicht zwingend, dass diese zurückgehalten werden. Vielmehr müssen Anfangs- und Endkonstruktionen in erster Linie nachweisen, dass sie keine übermäßige Gefährdung für Pkw-Insassen darstellen. Bei der Prüfung von Anfangs- und Endkonstruktionen mit einem leichten Pkw bereitet nicht nur die Einhaltung der Anforderung an die Anprallheftigkeit große Schwierigkeiten, sondern auch die Anforderungen an das Fahrzeugverhalten sind schwer zu erfüllen. Dies gilt insbesondere für die Prüfungen, bei denen die Anfahrt entlang des Fahrbahnrandes auf den Kopf der Anfangs- und Endkonstruktion erfolgt.

## 4.2 Schutzeinrichtungen

### 4.2.1 Schutzeinrichtungen ohne Zusatzkonstruktionen

#### DDSP 4,0 (A-Profil-Holm) in Rohrhülsen

- **Prüftyp TB 42; Stufe H1**

Bei dem Versuch kam ein Steckpfosten zum Einsatz, der gegenüber der Standardausführung nach TL-SP [TL-SP] modifiziert wurde. Anstelle eines zweiteiligen in der Mitte an einer Ronde verschraubten Pfostens wurde ein durchgängiger Pfosten mit angeschweißter Ronde verwendet.

Der Steckpfosten wurde verändert, da in einem früheren Versuch nicht wie gewünscht die obere Verbindung zur Pfostenklaue als Sollbruchstelle fungiert hatte, sondern die Pfosten im Bereich der verschraubten Ronde absicherten und sich die Pfosten vollständig vom System zu lösen drohten [ELL 03]. Die Modifikation wurde in einer Ad-hoc-Arbeitsgruppe, bestehend aus Vertretern der BAST sowie der Studiengesellschaft Stahlschutzplanken, erarbeitet.

Bei dem Versuch erreichte das Testfahrzeug nicht die vorgeschriebene Anprallgeschwindigkeit, der Versuch ist damit formal als Fehlversuch einzustufen. Auch bei der geringen eingetragenen Anprallenergie zeigte sich bereits, dass die modifizierten Sigma-Steckpfosten ihre Funktion nicht wie vorgesehen erfüllen. Zwei Pfosten rissen unmittelbar oberhalb der Schweißnaht mit der Ronde ein, ein dritter wurde in diesem Bereich komplett abgeschert (Bilder 9 bis 11). Wie bei den verschraubten Ronden

erwies sich damit der Bereich unmittelbar oberhalb der Rohrhülse als unerwünschte Bruchstelle.

Eine materialtechnische Untersuchung ergab keine Hinweise auf Materialfehler im Pfosten als Ursache des Versagens. Es ist vielmehr plausibel, dass der durch die Bodenhülse begrenzte Biegeradius des Pfostens zu gering ist und der erzwungene Knick oberhalb der Bodenhülse den Pfosten überbeansprucht. Denkbar ist auch eine Gefügeveränderung im Bereich der Naht aufgrund des Schweißvorganges. Aufgrund des Versuchsablaufs kann festgehalten werden, dass ein einteiliger Pfosten mit geschweißter Ronde die unerwünschte Sollbruchstelle nicht beseitigt.

#### DDSP 2,0 ++ (A-Profil-Holm)

- **Aufhaltstufe H2**

Die Konstruktion Doppelte Distanzschutzplanke mit Pfostenabstand 2 m zeigte in vorausgegangenen Versuchen ein widersprüchliches Verhalten [ELL 03]: Sie konnte dem anprallenden schweren Fahrzeug bei den H1-Versuchen nicht standhalten, während sie den Anforderung der höher zu bewertenden H2-Versuche knapp entsprach. Insgesamt sind die Ergebnisse unbefriedigend. Die Konstruktion ist anscheinend prinzipiell in der Lage, die bei den H2-Versuchen eingetragene Energie zu absorbieren, eine sichere Fahrzeugführung ist jedoch nicht sichergestellt.

Zur Verbesserung der Konstruktion boten sich zwei Ansätze an: die Verkürzung des Pfostenabstands auf 1,33 m, um beim Ablösen des Doppelholmstranges von den Pfosten und bei der Pfosten- deformation mehr Energie zu vernichten, oder die Steifigkeit des Doppelholmstranges zu verstärken, um die Widerstandsfähigkeit des Stranges nach dem Ablösen zu stärken.

Nach einer erneuten Analyse der Daten wurde der zweite Weg als erfolgversprechender eingeschätzt und umgesetzt, indem so viele Distanzstücke eingebaut wurden, wie die Standardbohrungen der Holme zulassen. Diese Standardbohrungen liegen, von der (gedachten) Stoßmitte aus gemessen, bei 0,00 m, 1,33 m, 2,00 m, 2,67 m und 4,00 m. Damit entsteht ein ungleichförmiger Abstand der Distanzstücke. Dieser Nachteil wurde in Kauf genommen, um (teure) Änderungen an den Standardbauteilen zu vermeiden. Dieser Besonderheit wurde in den Anprallversuchen Rechnung getragen, indem der Anprall des schweren Fahrzeugs an einem poten-

ziellen Schwachpunkt des Holmstranges zwischen zwei der weiter auseinanderliegenden Distanzstücke dicht vor einem Stoß stattfand. Damit wird der Forderung der DIN EN 1317, bei der Wahl des Anprallpunktes kritische Stellen zu berücksichtigen, Rechnung getragen.

Konsequenterweise wird der Anprallpunkt im Pkw-Versuch, in dem die Anprallheftigkeit im Vordergrund steht, an eine besonders steife Stelle unmittelbar an eines der Distanzstücke gelegt.

### Prüftyp TB 11

Das System reagiert auf den anprallenden Pkw trotz der Aussteifung des Holmstranges nachgiebig und elastisch. Auf diese Weise wird der Anprallvorgang zeitlich gestreckt, ebenso wie der Energieabbau durch Fahrzeug- und Systemdeformation. Die Anprallheftigkeit fällt dementsprechend gering aus. Der Abprallwinkel ist flach, das Fahrzeug wird dicht an der Schutzeinrichtung gehalten, es kommt zum Sekundäranprall. Die Fahrzeuglage ist stets aufrecht und stabil, es kommt zu keiner Flugphase. Der Kopf des Dummys hat keinen Kontakt mit der Seitenscheibe.

### Prüftyp TB 51

Die Aussteifung im Zwischenraum des Doppelholmstranges erweist sich beim Anprall des Busses als sehr wirkungsvoll. Die Neigung des Holmstranges zur Verdrehung wird komplett unterdrückt. Die Schutzeinrichtung verhält sich exakt so wie konstruktiv vorgesehen. Der Holmstrang löst sich an den Sollbruchstellen, neigt sich nach hinten und stützt sich mit dem hinteren fahrzeugabgewandten Holm am Boden ab. Hinterer Holm und Distanzstücke agieren in dieser Lage wie eine verschiebbare Pfostenkonstruktion und halten den vorderen Holm während des gesamten Umlenkprozesses in Position. Dies führt zu einer souveränen und kontinuierlichen Umlenkung des Busses. Der Abprallwinkel ist mit etwa 10° flach. Die Fahrzeuglage weist nur geringe Neigungen auf und ist stets stabil. Eine wichtige Voraussetzung für die H2-Tauglichkeit der DDSP 2,0 ++ ist die abstützende Wirkung des hinteren Holmes. Um diese zu gewährleisten, müssen zwei Voraussetzungen innerhalb des Wirkungsbereichs erfüllt sein:

- tragfähiger Untergrund,
- weitgehend ebenes Gelände.

Bei weichem Untergrund besteht die Gefahr des Einsinkens des hinteren Holmes. Dies erhöht die Gefahr, dass der hintere Holm beim Zurückweichen am Boden derart behindert wird, dass die zu vermeidende Verdrehung des Holmstranges über die Vertikale hinaus begünstigt wird. Das Absenken des vorderen Holmes durch das Einsinken des hinteren Holmes hingegen ist weniger kritisch zu beurteilen, da das Fahrzeug zu diesem Zeitpunkt bereits gegen den Holm drängt und erwartet werden kann, dass das Fahrzeug zumindest an der Anprallseite ebenfalls einsinken wird.

Die Ebenheit ist so weit erforderlich, dass die Stützkonstruktion aus hinterem Holm und Distanzstücken den vorderen Holm in der vorgesehenen Höhe halten kann. Ansteigende Geländeneigungen würden tendenziell zu einer Erhöhung des vorderen Holmes führen und sind als unkritisch zu beurteilen. Ein Gefälle hingegen könnte zu einer Absenkung des vorderen Holmes führen und entsprechend eine Absenkung der Rückhaltefähigkeit nach sich ziehen.

Einordnung des Systems in die Stufen der europäischen Norm DIN EN 1317-2:

- Das System der DDSP 2,0 ++ (A-Profil-Holm) erfüllt die Aufhaltstufe H2 („höheres Aufhaltevermögen“).
- Die Anprallheftigkeit wird in die Stufe A eingeordnet.
- Die Stufe des Wirkungsbereichs beträgt W6 ( $\leq 2,1$  m).

### 4.2.2 Schutzeinrichtungen mit Zusatzkonstruktionen

#### Kastenprofil mit Unterfahrschutz

##### • Aufhaltstufe N2

Der Aufbau der Schutzeinrichtung wurde im Rahmen eines von der BASt in Kooperation mit der DEKRA durchgeführten Forschungsprojektes entwickelt ([BÜR 01]) (einen Überblick über den Aufbau geben die Bilder 30 und 31 sowie 112 bis 114). Das Projekt wurde von einem Expertenkreis aus Industrie, Forschung und öffentlicher Verwaltung begleitet, aus dessen Mitte heraus das Design der Schutzeinrichtung hervorging.

Als Holm wird ein Kastenholm verwendet, der derart auf die Sigma-Pfosten (Abstand 2 m) aufgesetzt

wird, dass sich die Pfostenköpfe innerhalb des Kastens befinden und somit vollständig abgedeckt sind. Im unteren Bereich werden die Pfosten durch einen Strang aus am Rande abgewinkelten Flachblechen abgedeckt. Die Länge der Schutzeinrichtung lag bei 60 m zuzüglich zwei 12 m langen Absenkungen.

Im Rahmen des genannten Forschungsprojektes wurde gezeigt, dass diese Schutzeinrichtung das Verletzungsrisiko für Motorradfahrer, verglichen mit dem Anprall an eine Standardschutzeinrichtung signifikant senkt. Es stellt sich jedoch die Frage, wie sich diese Schutzeinrichtung beim Anprall von Pkw verhält. Die Klärung dieser Frage ist Zielsetzung der Versuche in diesem Projekt.

Da die Schutzeinrichtung in erster Linie als Ersatz für die Einfache Schutzplanke konzipiert wurde, wird sie auf die gleiche Aufhaltstufe wie die ESP getestet.

Gegenüber dem ursprünglichen Design nach [BÜR 01] wurde die Aufhängung des Unterzuges verändert. Statt den Unterzug direkt mit den Pfosten zu verschrauben, wurde eine Aufhängung über eine Lasche gewählt (siehe Bild 114). Dies sollte einer Rampenbildung des Unterfahrschutzes aufliegend auf den zurückgebogenen Pfosten durch einfachere Trennung von Unterfahrschutz und Pfosten vorbeugen. Darüber hinaus wird der Unterzug elastischer in Längsrichtung, wodurch ein Abreißen des Unterzuges beim Motorradanprall verhindert werden soll. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Modifikation keinen negativen Einfluss auf das Schutzpotenzial für Motorradfahrer hat.

### Prüftyp TB 11

Der verwendete Kastenholm erweist sich in Verbindung mit dem Pfostenabstand von 2 m als so steif, dass die Eindringtiefe des Fahrzeugs deutlich begrenzt wird. Zu Beginn der Umlenkphase reagiert die Schutzeinrichtung elastisch, danach wird der relativ weiche Vorbau des Fahrzeugs deformiert, sodass die auftretenden Spitzenverzögerungen deutlich unterhalb kritischer Werte bleiben (ASI). Die zeitliche Spreizung der Verzögerungen führt zu vergleichsweise hohen Werten in der späten Anprallphase. Diese werden getrennt gewertet (THIV/PHD) und führen zu einer Einstufung der Anprallheftigkeit oberhalb der Stufe B.

Der Einfluss des Unterzuges auf den Ablauf des Versuches ist gering. Der Unterzug erweist sich als

ausreichend steif, dem sanften Heckanprall des Fahrzeugs zu widerstehen. Die geringe Eintauchtiefe führt zu erheblichen Fahrzeugdeformationen. Der Abprallwinkel ist flach, das Fahrzeug wird beim Abprall insgesamt seitlich versetzt und rollt zunächst wieder Richtung Schutzeinrichtung, bevor es aufgrund der Fahrzeugdeformationen vom System weggelenkt wird. Das Fahrzeug erfährt nur geringe Neigungen, die Fahrstabilität ist zu jedem Zeitpunkt gegeben. Der Kopf des Dummys durchschlägt die Seitenscheibe, hat jedoch keinen Kontakt zur Schutzeinrichtung.

### Prüftyp TB 32

Beim Anprall dringt der Pkw in das System ein und trennt wie vorgesehen den Verbund aus Holm, Unterfahrschutz und Pfosten im Anprallbereich. Dadurch können die linken Räder den Unterfahrschutz überrollen und zwischen Holm und Unterfahrschutz einfädeln. Unter dem Fahrzeug wird der Unterfahrschutz flach zu Boden gedrückt, während er in dem Bereich vor und hinter dem Fahrzeug, in dem sich der Verbund noch nicht gelöst hat, weiterhin senkrecht steht. Dadurch ergibt sich eine Verdrehung des Unterfahrschutzes um 90° um die Längsachse, wodurch sich eine rampenartige Schräge ausbildet. Mit zunehmender Fahrzeugverzögerung wird der Abstand zwischen Fahrzeugfront und Schräge immer geringer, bis diese beim Abprall vom Fahrzeug überrollt wird. Dabei steigt das Fahrzeug auf und geht in eine kurze Flugphase über.

Während des gesamten Umlenkvorgangs wird das Fahrzeug sicher vom Kastenholm geführt, erst beim Abprall löst sich das Fahrzeug vom Holm. Während des gesamten Umlenkvorgangs behält der Holm seine Höhe bei, unbeeinflusst vom Unterfahrschutz (die Absenkung, die sich in den Bildern 47 bis 49 zeigt, stellt sich erst ein, nachdem das Fahrzeug das System verlassen hat). Der Kopf des Dummys kommt nicht in Kontakt mit der Seitenscheibe. Der Abprall verläuft, abgesehen von der Flugphase, ähnlich wie beim vorausgegangenen TB 11.

Einordnung des Systems in die Stufen der europäischen Norm DIN EN 1317-2:

- Das System Kastenprofil mit Unterfahrschutz erfüllt die Aufhaltstufe N2 („normales Aufhaltevermögen“).
- Die Anprallheftigkeit liegt oberhalb der Stufe B.

- Die Stufe des Wirkungsbereichs beträgt W6 ( $\leq 2,1$  m).

### **Einfache Schutzplanke (ESP) mit Unterfahrerschutz**

#### **• Aufhaltestufe N2**

Das 60 m lange und 0,19 m breite System entsprach abgesehen vom Unterfahrerschutz der standardisierten ESP-Ausführung (Zeichnung Nr. 1 des Anhangs 2.1 in [TL-SP 99]). Der Aufbau erfolgte gemäß Regeleinbauweise nach [RPS 89] im unbefestigten Bereich des Prüfflächengeländes entlang der mit Asphalt befestigten Fläche. Dem Systemanfang und -ende gaben 12 m lange Regelabsenkungen Halt, die nach Zeichnung Nr. 16 in [TL-SP 99] errichtet wurden.

Der Unterfahrerschutz wurde in Kooperation zwischen dem Landesbetrieb Straßenbau NRW (Niederlassung Euskirchen) und einem Hersteller nach Vorbild eines in Frankreich verbreiteten Unterfahrerschutzes entwickelt. Einen Überblick über den Aufbau geben die Bilder 72 bis 74 und 113.

Zwischen Unterfahrerschutz und Pfosten wird kein Verbund hergestellt. Die Aufhängung des Unterfahrerschutzes erfolgt über 2 Laschen (Blechformteil) pro Holm, bei 1,33 m und 2,67 m vom Holmstoß aus gemessen. Die überlappenden Stöße des Unterzuges sind zu den Holmstößen jeweils um 2 m versetzt.

#### **Prüftyp TB 11**

Das System reagiert insgesamt nachgiebiger als das Kastenprofil mit Unterfahrerschutz, bedingt durch den Pfostenabstand und den weniger steifen Holm. Das Testfahrzeug dringt in die Schutzeinrichtung ein und löst den Verbund aus Holm und Unterfahrerschutz von den Pfosten. Erst durch die beiden linken Räder, die den Unterfahrerschutz überrollen und daraufhin zwischen Unterfahrerschutz und Holm zwangsgeführt werden, wird der Verbund zwischen Holm und Unterfahrerschutz ebenfalls getrennt. Die Verbindungslaschen reißen am Unterfahrerschutz aus, im Regelfall wird die Schraubverbindung (M16) durch das Langloch im Unterfahrerschutz durchgezogen. Die einseitig freigesetzten Laschen mit den noch darin befindlichen Schrauben schlagen peitschenartig straßenabgewandt aus. Zwei dieser Laschen rotieren um mehr als  $180^\circ$  und eine durchschlägt die hintere linke Seitenscheibe des Pkw (Bild 62). Unter dem Fahrzeug wird der Unter-

fahrerschutz flach zu Boden gedrückt, während er in dem Bereich vor und hinter dem Fahrzeug, in dem sich der Verbund noch nicht gelöst hat, seine vertikale Ausrichtung beibehält. Dadurch ergibt sich eine Verdrehung des Unterfahrerschutzes um  $90^\circ$  um die Längsachse, wodurch sich eine rampenartige Schräge ausbildet. Mit zunehmender Fahrzeugverzögerung wird der Abstand zwischen Fahrzeugfront und Schräge immer geringer, bis diese beim Abprall vom Fahrzeug überrollt wird. Das Fahrzeug steigt auf und wird durch die Überquerung des Unterfahrerschutzes in relativ starke, aber schnell abklingende Wankbewegungen versetzt, verliert jedoch nicht vollständig den Kontakt zum Boden. Das Fahrzeug prallt unter flachem Winkel ab und dreht durch die Fahrzeugschäden wieder leicht zur Schutzeinrichtung zurück. Der Kopf des Dummys kommt in Kontakt mit der Seitenscheibe, durchbricht diese jedoch nicht.

#### **Prüftyp TB 32**

In der Anfangsphase reagiert die Schutzeinrichtung analog zur Prüfung TB 11 am gleichen System. Die elastische Reaktion erfolgt entsprechend der höheren Anprallenergie ausgeprägter. Die Sollbruchstellen reagieren vergleichbar, indem sich zunächst der Holm-Unterfahrerschutz-Verbund vom Pfosten löst, und erst nach dem Überrollen des Unterfahrerschutzes durch die linken Räder wird der Verbund aus Holm und Unterfahrerschutz getrennt. Der Trennmechanismus besteht analog zum TB 11 im Regelfall aus dem Durchziehen der Schraubverbindung zwischen Lasche und Unterfahrerschutz durch das Langloch im Unterfahrerschutz. Auch in diesem Fall erfolgt ein peitschenartiges straßenabgewandtes Ausschlagen der Laschen, jedoch ohne am Fahrzeug eine Scheibe zu durchschlagen. Wie beim TB 11 wird der Unterfahrerschutz unter dem Fahrzeug flach zu Boden gedrückt und um  $90^\circ$  um die Längsachse verdreht, gegenüber den Bereichen vor und hinter dem Fahrzeug, in denen sich der Unterfahrerschutz noch nicht aus dem Verbund mit dem Holm gelöst hat. Dadurch bildet sich eine Schräge vor dem Fahrzeug aus, die mit zunehmendem Umlenkvorgang immer dichter an das Fahrzeug heranrückt. Beim Abprall überrollt das Fahrzeug diese Schräge straßenzugewandt und zieht gleichzeitig den Holm bis auf den Boden herunter. Allein die Tatsache, dass der Abprallvorgang bereits eingeleitet ist, verhindert ein Übersteigen der Schutzeinrichtung durch das Fahrzeug. Da der Fahrzeugschwerpunkt die Mittellinie der ausgelenkten

Schutzeinrichtungen nicht überschreitet, sind die Anforderung der Norm erfüllt. Der Kopf des Dummys kommt in Kontakt mit der Seitenscheibe, durchbricht diese jedoch nicht.

Einordnung des Systems in die Stufen der europäischen Norm DIN EN 1317-2:

- Das System der ESP 4,0 (B-Profil-Holm) mit Unterfahrerschutz erfüllt die Aufhaltstufe N2 („normales Aufhaltevermögen“).
- Die Anprallheftigkeit wird in die Stufe A eingeordnet.
- Die Stufe des Wirkungsbereichs beträgt W5 ( $\leq 1,7$  m).

### 4.3 Anfangs- und Endkonstruktionen

#### Kurzabsenkung (4 m) für EDSP 2,0 (A-Profil)

- **Leistungsklasse P 1**

Die errichtete Kurzabsenkung stand im unbefestigten Bereich des Prüfflächengeländes und entsprach hinsichtlich Einzelteilen, Aufbau und Abmessungen der Zeichnung Nr. 17 des Anhangs 2.1 in [TL-SP 99]. Die Anordnung stimmte mit der Regelinbauweise in [RPS 89] überein. Angeschlossen wurden 32 m EDSP mit einem Pfostenabstand von 2 m und einem Holm im A-Profil.

#### Prüftyp TT 2.1.80

Das Testfahrzeug trifft außermittig etwa bei einem Viertel der Fahrzeugbreite mit dem Fahrzeugboden auf den abgesenkten Holm auf. Sowohl am Fahrzeug als auch an der Anfangskonstruktion treten nur geringe Deformationen auf. Systemseitig wird der abgesenkte Holm auf der Oberseite eingedrückt, das Fahrzeug weist am Unterboden nur geringfügige Schäden auf. Der Mechanismus reicht nicht aus, um in erforderlichem Umfang die kinetische Energie des Fahrzeugs zu vernichten und um eine sichere Fahrzeugführung zu gewährleisten. Das Fahrzeug fährt am abgesenkten Holm auf und geht in eine rechtslastige rasante Flugphase über. Das Fahrzeug verliert vollständig den Bodenkontakt und landet auf der rechten Fahrzeugseite. Über den Boden rutschend kippt das Fahrzeug aufs Dach. Erst auf dem Dach liegend klingen die Wankbewegungen allmählich ab, während das Fahrzeug weiter rutscht und es zu einem Sekundärprall mit einer Sicherheitseinrichtung des Testgeländes

kommt. Mit der angeschlossenen EDSP findet kein Kontakt statt.

Einordnung der AEK in die Klassen der europäischen Vornorm DINV ENV 1317-4:

- Die AEK-Kurzabsenkung (4 m) für EDSP 2,0 (A-Profil) erfüllt die Anforderungen der Vornorm nicht.

#### Regelabsenkung (12 m) für EDSP 2,0 (A-Profil)

- **Leistungsklasse P 2 U**

Einzelteile, Aufbau und Abmessungen entsprachen Zeichnung Nr. 17 des Anhangs 2.1 in [TL-SP 99]. Die angeschlossene, nach Zeichnung Nr. 2 des Anhangs 2.1 der [TL-SP 99] ausgeführte EDSP wurde über eine Länge von 12 m (TT 4.2.80) bzw. 40 m (TT 2.1.80) errichtet. Die Anordnung der Systeme entsprach der Regelinbauweise in [RPS 89] (Bild 93).

#### Prüftyp TT 4.2.80

Normgerecht findet der Anprall bei  $2/3$  der Länge der Absenkung statt. Da die Absenkung linear erfolgt, hat die Anfangskonstruktion am Anprallpunkt entsprechend ca.  $2/3$  der Höhe der angeschlossenen EDSP, also etwa 50 cm. Diese Höhe reicht aus, um das unter  $15^\circ$  anprallende Fahrzeug sicher umzulenken. Aufgrund des flachen Anprallwinkels und des kurzen Abstandes der Pfosten im Anprallbereich ist die Eindringtiefe des Fahrzeugs gering. Der Kontakt zwischen Schutzeinrichtung und Fahrzeug ist sowohl zeitlich als auch räumlich eng begrenzt. Die Umlenkung verläuft harmonisch.

#### Prüftyp TT 2.1.80

Die Prüfung erfolgte nach einem Entwurf (Stand 16./17.09.1996) der Vornorm DINV ENV 1317-4. Die Prüfbedingungen für den hier betrachteten Prüftyp haben sich im Vergleich zur aktuellen Fassung der Vornorm nicht geändert, die Auswertung und die Prüfung der Einhaltung der Normtoleranzen erfolgten anhand der aktuellen Fassung.

Analog zur Kurzabsenkung trifft das Fahrzeug mit dem Unterboden auf die Oberkante des ersten der abgesenkten Holme. Der Anprallpunkt liegt um  $1/4$  der Fahrzeugbreite nach links verschoben außerhalb der Fahrzeuglängsachse. Wie im Falle der Kurzabsenkung wird das Fahrzeug einseitig angehoben, jedoch durch den geringeren Steigungswinkel moderater. Die Fahrzeugverzögerung ist trotz

geringeren Steigungswinkels und längerer Kontaktstrecke gegenüber der Kurzabsenkung ebenso gering. Die Anhebung des Fahrzeugs erfolgt jedoch so moderat, dass das Fahrzeug zu keinem Zeitpunkt den Kontakt mit dem Boden verliert und der Fahrzeugschwerpunkt die Linie der Reifenauflandpunkte nicht überquert. Die linksseitige Anhebung des Fahrzeugs führt bei dem Erreichen der EDSP zur Überrollung der EDSP mit den linken Rädern. Nach dem Lösen von der Schutzeinrichtung kippt das Fahrzeug derart zur linken Seite, dass alle vier Räder wieder Bodenkontakt haben. Der Aufprall wird in einer einzigen Einfederbewegung nahezu vollständig kompensiert und das Fahrzeug entfernt sich unerwarteterweise mit sehr geringen Wankbewegungen unter einem flachen Winkel vom System, bevor es an einer Sicherheitseinrichtung auf dem Testgelände zu einem Sekundäranprall kommt. Vor dem Sekundäranprall weist das Fahrzeug keine sichtbaren Beschädigungen auf (Bilder 104 bis 108).

Einordnung der AEK in die Klassen der europäischen Vornorm DIN V ENV 1317-4:

- Die AEK-Regelabsenkung (12 m) für EDSP 2,0 (A-Profil) erfüllt die Anforderungen der Leistungsklasse P 2 U.
- Die Anprallheftigkeit wird in die Stufe A eingeordnet.
- Die Klasse der seitlichen Auslenkung lautet X1, Y1.
- Die Klasse des Abprallbereichs lautet Z<sub>1</sub>.

## 4.4 Fotodokumentation

### 4.4.1 Lkw-Anprall an DDSP 4,0 in Rohrhülsen



**Bild 3:** Bohren der Löcher für die Rohrhülsen (im Vordergrund exemplarisch 1 Rohrhülse)



**Bild 4:** Ansicht einer im Bohrloch versenkten Rohrhülse von oben



**Bild 5:** Modifizierter Steckpfosten SIGMA mit ringsum kraftschlüssig angeschweißter Ronde



**Bild 6:** Ansicht des montierten Systems (Blick aus der Anfahr- richtung)



**Bild 9:** Übersicht über die Situation nach Abtransport des Test- fahrzeugs



**Bild 7:** Testfahrzeug am Anprallpunkt; Blick entgegen der An- fahr- richtung



**Bild 10:** Übersicht über die Situation nach Abtransport des Test- fahrzeugs



**Bild 8:** Missglückter Anprall; Endstellung des Testfahrzeugs



**Bild 11:** Beispiel: Pfosten Nr. 7 nach Anprall mit halber Sollge- schwindigkeit

4.4.2 Pkw-Anprall (TB 11) an DDSP 2,0 ++



Bild 12: Aufbau des Systems



Bild 15: Fahrzeug am Anprallpunkt



Bild 13: Detailsicht des hinzugefügten Distanzstückes (ohne rot/gelbe Kennzeichnung)



Bild 16: Anprallvorgang – Ansicht entgegen der Anfahrriichtung



Bild 14: Fahrzeug am Anprallpunkt



Bild 17: Anprallvorgang – Ansicht entgegen der Anfahrriichtung



**Bild 18:** Anprallvorgang – Ansicht entgegen der Anfahrrichtung



**Bild 21:** Beispielhafte Darstellung eines – wie vorgesehen – aus der Halteklau abgesicherten Pfostens



**Bild 19:** Situation nach der Prüfung mit Endstellung des Testfahrzeugs



**Bild 20:** System nach der Prüfung

#### 4.4.3 Bus-Anprall (TB 51) an DDSP 2,0 ++



**Bild 22:** Anprallvorgang – Ansicht entgegen der Anfahrriichtung



**Bild 25:** Anprallvorgang – Ansicht entgegen der Anfahrriichtung



**Bild 23:** Anprallvorgang – Ansicht entgegen der Anfahrriichtung



**Bild 26:** Situation nach der Prüfung mit Endstellung des Testfahrzeugs



**Bild 24:** Anprallvorgang – Ansicht entgegen der Anfahrriichtung



**Bild 27:** System nach der Prüfung (Ansicht entgegen der Anprallrichtung)

#### 4.4.4 Pkw-Anprall (TB 11) an Kastenprofil mit Unterfahrerschutz



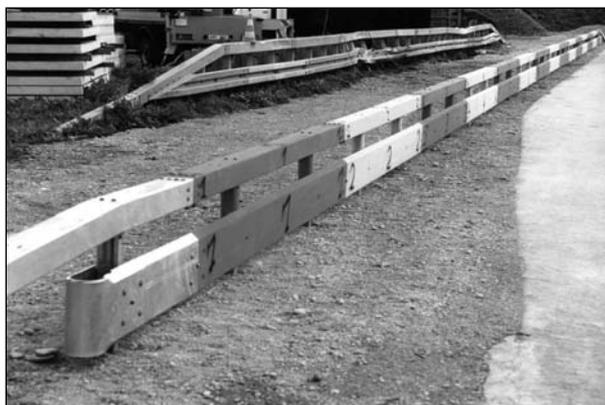
**Bild 28:** System nach der Prüfung (Ansicht entgegen der Anprallrichtung)



**Bild 30:** Aufbau des Systems



**Bild 29:** System nach der Prüfung (Ansicht entgegen der Anprallrichtung)



**Bild 31:** Ansicht des vollständig montierten Systems



**Bild 32:** Testfahrzeug am Anprallpunkt (Ansicht entgegen der Anfahrrichtung)



**Bild 33:** Anprallvorgang – Ansicht seitlich zum System



**Bild 36:** Anprallvorgang – Ansicht seitlich zum System



**Bild 34:** Anprallvorgang – Ansicht seitlich zum System



**Bild 37:** Anprallvorgang – Ansicht seitlich zum System



**Bild 35:** Anprallvorgang – Ansicht seitlich zum System



**Bild 38:** Anprallvorgang – Ansicht seitlich zum System



**Bild 39:** Anprallvorgang – Ansicht seitlich zum System



**Bild 42:** Schäden am Testfahrzeug



**Bild 40:** System nach der Prüfung (Schäden und Anprallspuren)



**Bild 41:** Schäden am Testfahrzeug

#### 4.4.5 Pkw-Anprall (TB 32) an Kastenprofil mit Unterfahrschutz



**Bild 43:** Anprallvorgang – Ansicht seitlich zum System



**Bild 46:** Anprallvorgang – Ansicht seitlich zum System



**Bild 44:** Anprallvorgang – Ansicht seitlich zum System



**Bild 47:** Anprallvorgang – Ansicht seitlich zum System



**Bild 45:** Anprallvorgang – Ansicht seitlich zum System



**Bild 48:** Anprallvorgang – Ansicht seitlich zum System



**Bild 49:** Anprallvorgang – Ansicht seitlich zum System



**Bild 52:** System nach der Prüfung (Schäden und Anprallspuren); Endstellung des Testfahrzeugs



**Bild 50:** Anprallvorgang – Ansicht seitlich zum System



**Bild 53:** System nach der Prüfung: Schäden und Anprallspuren (Ansicht entgegen der Anprallrichtung)



**Bild 51:** System nach der Prüfung (Schäden und Anprallspuren); Endstellung des Testfahrzeugs

#### 4.4.6 Pkw-Anprall (TB 11) an ESP mit Unterfahrschutz



**Bild 54:** Montieren des Unterfahrschutzes (Typ „Euskirchen“) an das System ESP 4,0



**Bild 57:** Testfahrzeug am Anprallpunkt (Ansicht entgegen der Anfahrriichtung)



**Bild 55:** Endausbildung des Unterfahrschutzes (Typ „Euskirchen“)



**Bild 58:** Testfahrzeug am Anprallpunkt (Ansicht in Anfahrriichtung)



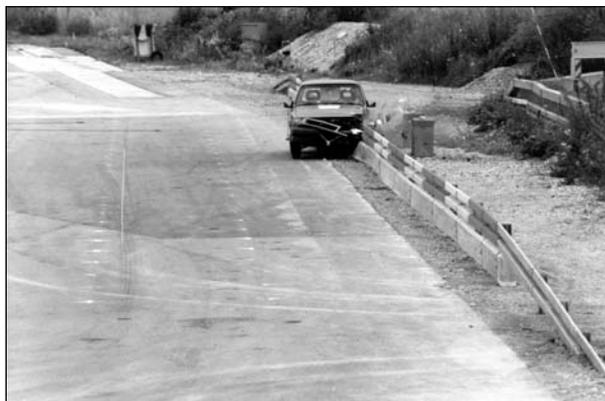
**Bild 56:** Übersicht über das montierte System mit Testfahrzeug am Anprallpunkt (Blick gegen die Anfahrriichtung)



**Bild 59:** Anprallvorgang – Ansicht entgegen der Anfahrriichtung



**Bild 60:** Anprallvorgang – Ansicht entgegen der Anfahrrichtung



**Bild 63:** Anprallvorgang – Ansicht entgegen der Anfahrrichtung



**Bild 61:** Anprallvorgang – Ansicht entgegen der Anfahrrichtung



**Bild 64:** Anprallvorgang – Ansicht entgegen der Anfahrrichtung



**Bild 62:** Anprallvorgang – Ansicht entgegen der Anfahrrichtung



**Bild 65:** Anprallvorgang – Ansicht entgegen der Anfahrrichtung



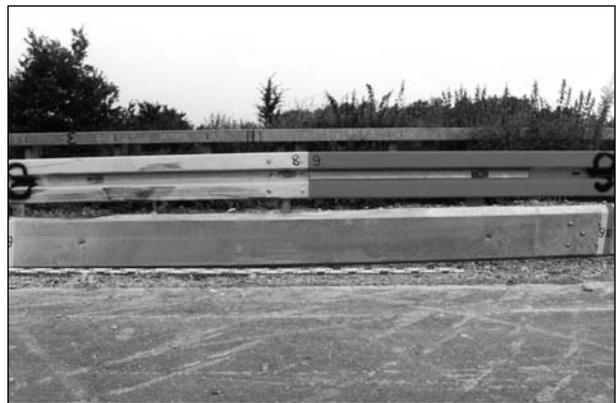
**Bild 66:** Anprallvorgang – Ansicht entgegen der Anfahrriichtung



**Bild 69:** Schäden am System



**Bild 67:** Schäden am Anprallpunkt



**Bild 70:** Schäden am System



**Bild 68:** Darstellung der Kontaktstrecke



**Bild 71:** System nach der Prüfung, Endstellung des Testfahrzeugs

#### 4.4.7 Pkw-Anprall (TB 32) an ESP mit Unterfahrschutz



**Bild 72:** Übersicht über das montierte System – Ansicht in Anfahrriichtung



**Bild 75:** Anprallvorgang – Ansicht entgegen der Anfahrriichtung



**Bild 73:** Testfahrzeug am Anprallpunkt – Ansicht entgegen der Anfahrriichtung



**Bild 76:** Anprallvorgang – Ansicht entgegen der Anfahrriichtung



**Bild 74:** Testfahrzeug am Anprallpunkt – Ansicht in Anfahrriichtung



**Bild 77:** Anprallvorgang – Ansicht entgegen der Anfahrriichtung



**Bild 78:** Anprallvorgang – Ansicht entgegen der Anfahrrichtung



**Bild 81:** Anprallvorgang – Ansicht entgegen der Anfahrrichtung



**Bild 79:** Anprallvorgang – Ansicht entgegen der Anfahrrichtung



**Bild 82:** Anprallvorgang – Ansicht entgegen der Anfahrrichtung



**Bild 80:** Anprallvorgang – Ansicht entgegen der Anfahrrichtung



**Bild 83:** System nach der Prüfung, Endstellung des Testfahrzeugs

#### 4.4.8 Pkw-Anprall (TT 2.1.80) an Kurzabsenkung



**Bild 84:** Anprallspuren an der Kontaktstrecke



**Bild 85:** Schäden am System – Ansicht in Anfahrrichtung



**Bild 86:** Übersicht über das vollständig montierte System



**Bild 87:** Testfahrzeug am Anprallpunkt



**Bild 88:** Anprallvorgang – seitlich zum System



**Bild 91:** Anprallvorgang – seitlich zum System



**Bild 89:** Anprallvorgang – seitlich zum System



**Bild 92:** Anprallvorgang – seitlich zum System



**Bild 90:** Anprallvorgang – seitlich zum System

#### 4.4.9 Pkw-Anprall (TT 4.2.80) an Regelabsenkung



**Bild 93:** Übersicht über das vollständig montierte System



**Bild 96:** Anprallvorgang – Ansicht von vorne



**Bild 94:** Testfahrzeug am Anprallpunkt



**Bild 97:** Anprallvorgang – Ansicht von vorne



**Bild 95:** Anprallvorgang – Ansicht von vorne



**Bild 98:** Anprallvorgang – Ansicht von vorne

4.4.10 Pkw-Anprall (TT 2.1.80) an Regelabsenkung



**Bild 99:** System nach der Prüfung; Endstellung des Testfahrzeugs



**Bild 101:** Übersicht über das vollständig montierte System – Ansicht in Anfahrriichtung



**Bild 100:** System nach der Prüfung; Endstellung des Testfahrzeugs



**Bild 102:** Übersicht über das vollständig montierte System – Ansicht gegen die Anfahrriichtung



**Bild 103:** Testfahrzeug am Anprallpunkt – Ansicht frontal zum System



**Bild 104:** Anprallvorgang – Ansicht von vorne



**Bild 107:** Anprallvorgang – Ansicht von vorne



**Bild 105:** Anprallvorgang – Ansicht von vorne



**Bild 108:** Anprallvorgang – Ansicht von vorne



**Bild 106:** Anprallvorgang – Ansicht von vorne



**Bild 109:** Situation nach der Prüfung – Blick gegen die Anfahr-richtung

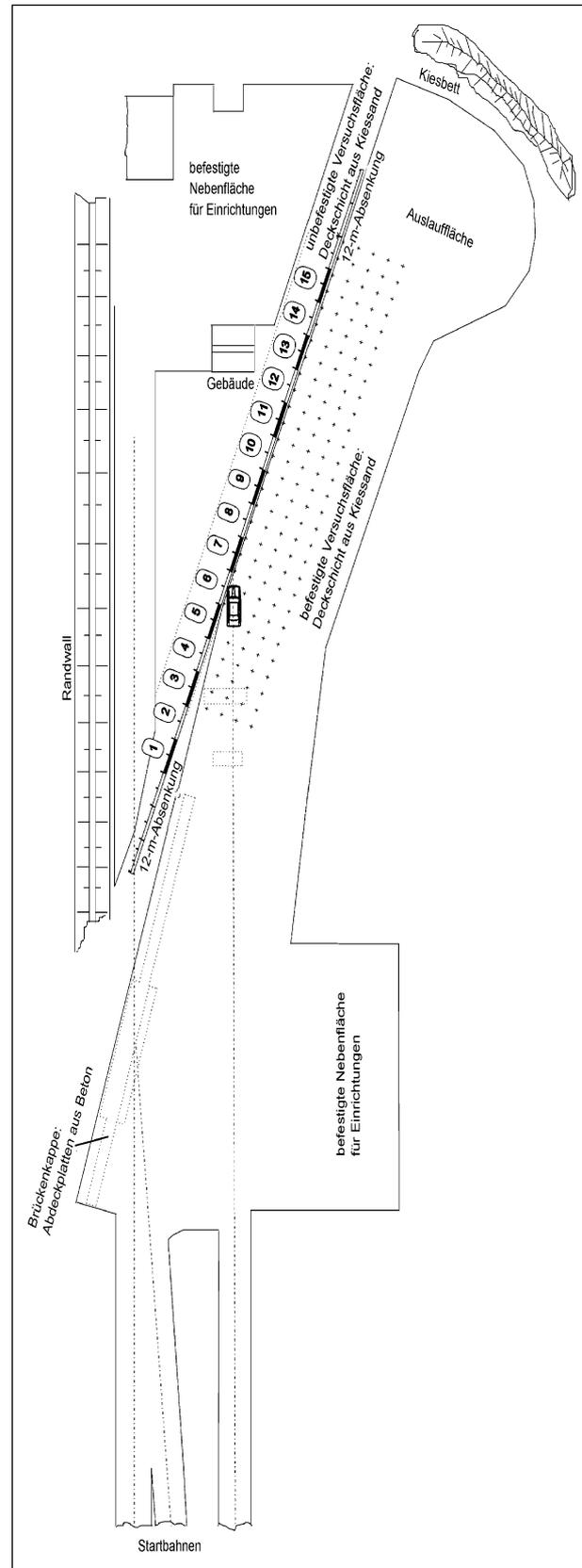


**Bild 110:** Detailansicht: Beginn der Abspannung der Regelabsenkung auf EDSP 2,0



**Bild 111:** Situation nach der Prüfung mit Endstellung des Testfahrzeugs nach dem Sekundärprall

### 4.5 Skizzen und Zeichnungen



**Bild 112:** Skizze des Versuchsgelände in München-Allach mit exemplarisch dargestellter zu testender Schutzrichtung

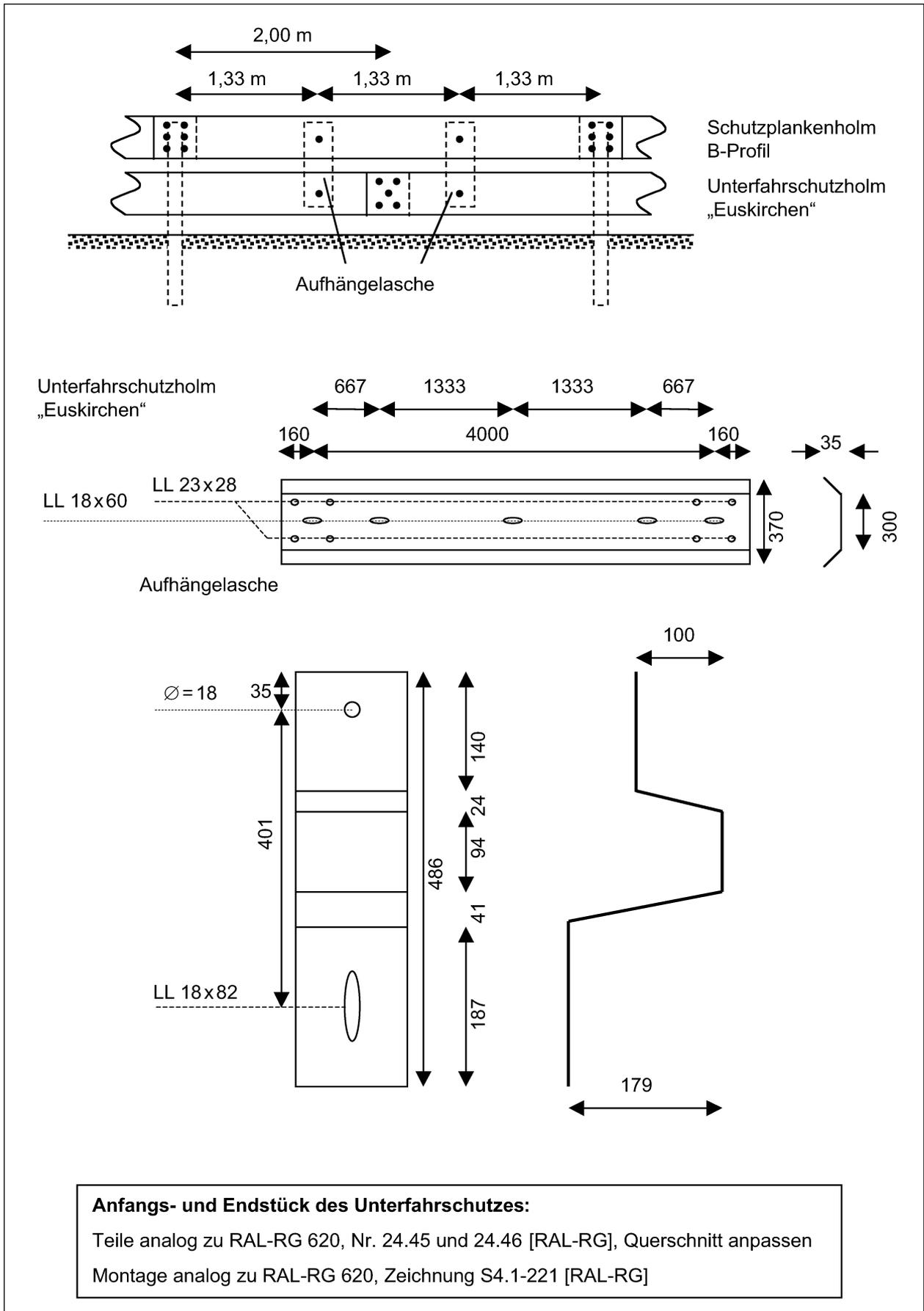
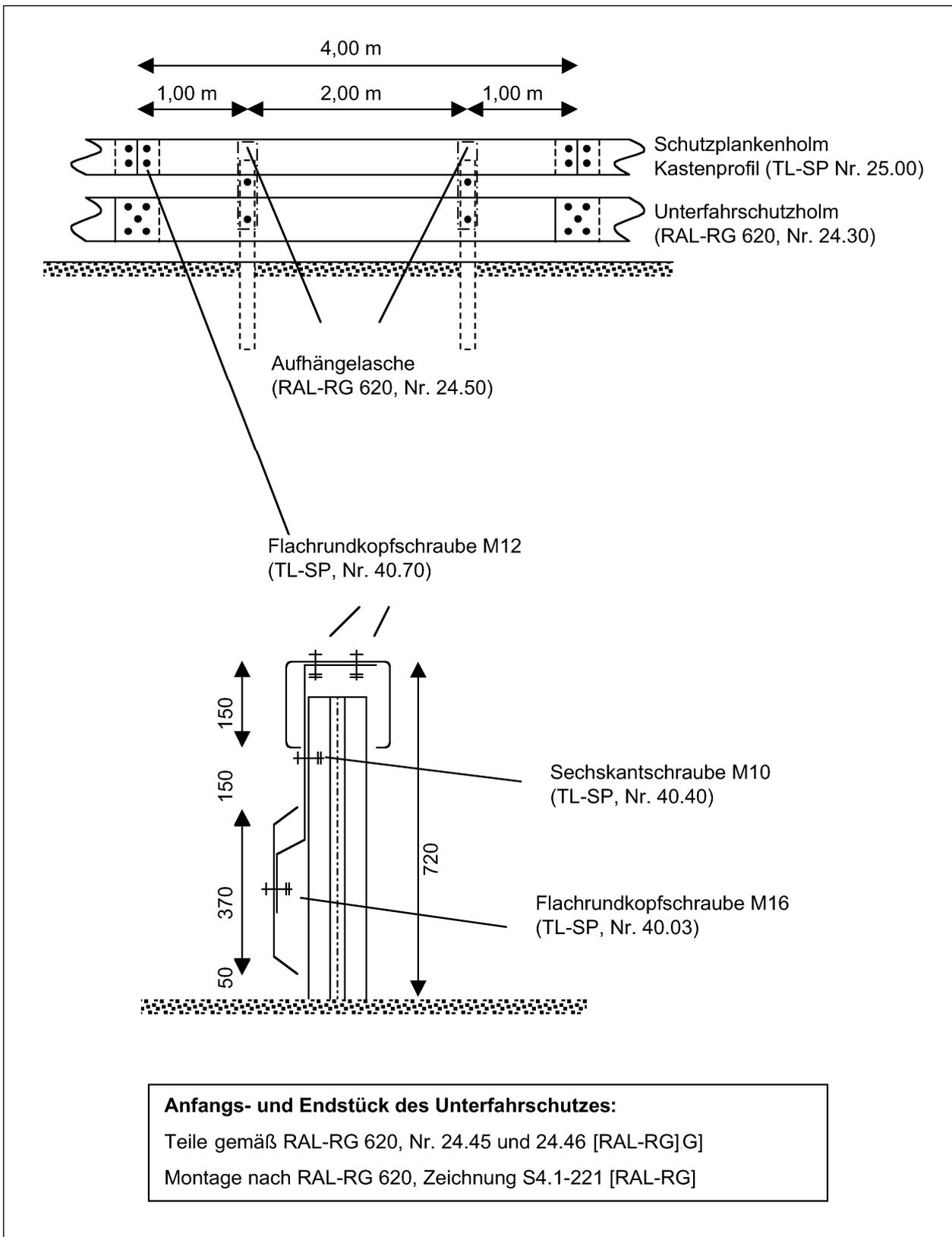


Bild 113: Bemaßte Skizze ESP mit Unterfahrerschutz



**Bild 114:** Bemaßte Skizze Kastenprofil mit Unterfahrerschutz

## 5 Zusammenfassung und Bewertung der Versuchsergebnisse

Grundlage dieses Forschungsberichtes sind 10 Anprallversuche nach DIN EN 1317 [EN 1317], davon 7 an Stahlschutzeinrichtungen und 3 an Anfangs- und Endkonstruktionen ebenfalls aus Stahl. Als Testfahrzeuge wurden ein Bus, ein Lkw, zwei schwere Pkw und sechs leichte Pkw eingesetzt. Ziel des Forschungsprojektes war die Fortsetzung der in [ELL 03] begonnenen Einordnung von Fahrzeug-Rückhaltesystemen in Leistungsklassen nach DIN EN 1317. Es wurden ausschließlich solche Fahrzeug-Rückhaltesysteme untersucht, die entweder in den RPS [RPS 89] als Regellösung vorgesehen sind oder sinnvolle Ergänzungen darstellen, vor allem hinsichtlich des Schutzes von Motorradfahrern.

Bereits in vorausgegangenen Untersuchungen [ELL 03] hatte sich gezeigt, dass bei einer Regellösung in den RPS im Bereich von befestigten Mittelstreifen, die ggf. als Überfahrstelle genutzt werden sollen, Probleme mit der Pfostenverankerung bestehen. Im betrachteten Fall werden zweiteilige Pfosten in Bodenhülsen versenkt, um einen schnellen Rückbau der darauf basierenden Doppelten Distanzschutzplanken zu gewährleisten. Bei dieser Konstruktion entstehen zwei Sollbruchstellen für den oberen Pfostenteil, der sich somit bei einem Fahrzeuganprall vollständig lösen kann und damit eine Gefährdung Dritter darstellen könnte. Um dieses Problem zu lösen, wurde der zweiteilige Pfosten versuchsweise durch einen einteiligen Pfosten ersetzt (siehe auch Kapitel 4.2.1). Der Lkw-Anprall erfolgte im Versuch nur mit etwa der Hälfte der normgerechten Anprallgeschwindigkeit. Dieser geringe Energieeintrag reichte jedoch schon aus, um das Verhalten der einteiligen Pfosten negativ zu bewerten, da ein Pfosten komplett unmittelbar oberhalb der Bodenhülse riss und zwei weitere stark einrissen. Der Einsatz eines einteiligen Pfostens alleine reicht offenbar nicht aus, den Bruch des Pfostens in Höhe der Bodenhülse und damit die Gefahr sich vollständig lösender Pfostenteile zu unterdrücken. Eine materialtechnische Untersuchung ergab keine Hinweise auf Materialfehler im Pfosten als Ursache des Versagens. Es ist vielmehr plausibel, dass der durch die Bodenhülse erzwungene Knickradius des Pfostens zu gering ist.

Die Versuche an der Doppelten Distanzschutzplanke mit zwei zusätzlichen Distanzstücken (DDSP 2,0++) griffen ebenfalls Probleme auf, die sich in vor-

ausgegangenen Untersuchungen gezeigt hatten. Die in [ELL 03] geprüfte DDSP 2,0 zeigte ein unbefriedigendes Verhalten dergestalt, dass die Anforderungen der Aufhaltstufe H1 nicht erfüllt wurden, die höheren Anforderungen der Aufhaltstufe H2 jedoch knapp erfüllt wurden. Auch bei der Prüfung auf die Aufhaltstufe H2 zeigte sich ein unbefriedigendes Verhalten der Schutzeinrichtung, da der Bus als Testfahrzeug auf das System auftritt und nur knapp das System nicht überquerte. Um das Verhalten der Schutzeinrichtung zu verbessern, wurde der Doppelholmstrang durch das Einbringen zweier zusätzlicher Distanzstücke (DDSP 2,0++) versteift. Für diese Modifikation werden ausschließlich Standardbauteile verwendet. Die Aussteifung des Holmstranges führt zu einer sicheren Fahrzeugführung in beiden Versuchen und unterdrückt wirkungsvoll und zu jeder Phase der Versuche eine übermäßige Verdrehung des Holmstranges. Aufgrund des stark verbesserten Systemverhaltens im Vergleich zur DDSP 2,0 wird eine „Nachprüfung“ auf die Aufhaltstufe H1 für nicht erforderlich gehalten. Die verbesserte Rückhaltefähigkeit der DDSP 2,0++ in Verbindung mit der günstigen Anprallheftigkeitsstufe „A“ empfiehlt den Einsatz dieser Schutzeinrichtung für den Mittelstreifen, sofern der Mittelstreifen frei von gefährlichen Hindernissen, tragfähig, weitgehend eben und ausreichend breit ist.

Ziel der Versuche an der Konstruktion „Kastenprofil mit Unterfahrerschutz“ war die Schaffung eines höheren Sicherheitspotenzials von Schutzeinrichtungen im Falle des Anpralls eines Zweiradfahrers bei gleichzeitiger Gewährleistung der Rückhaltefähigkeit gegenüber Pkw. Die Schutzeinrichtung ist vor allem als Alternative zur Einfachen Schutzplanke (ESP) gedacht. Die ESP erfüllt die Anforderungen der Aufhaltstufe N2, daher wurde die Konstruktion „Kastenprofil mit Unterfahrerschutz“ auf die gleiche Aufhaltefähigkeit hin geprüft. Das Absenken des Verletzungsrisikos für Motorradfahrer wurde bereits in einem früheren Forschungsprojekt nachgewiesen [BÜR 01] und wird daher hier nicht weiter diskutiert. Insgesamt wird die Konstruktion der Zielsetzung gerecht, allerdings liegt die Anprallheftigkeit oberhalb der Stufe B. Ihr Einsatz ist damit nicht unbedenklich für Pkw-Insassen. Ihr Einsatz erscheint dann sinnvoll, wenn der Schutz für Zweiradfahrer vordringlich ist und die Rückhaltefähigkeit für Pkw nicht verringert werden soll.

Ergänzend zu den Versuchen an der Konstruktion „Kastenprofil mit Unterfahrerschutz“ wurden Versuche an einer Einfachen Schutzplanke (ESP) mit Un-

terfahrerschutz durchgeführt. Bei dieser Konstruktion (auch bekannt als „System Euskirchen“) handelt es sich um eine ESP mit einer Zusatzkonstruktion, die ebenfalls den Schutz von Zweiradfahrern bei gleichzeitiger Gewährleistung der Rückhaltefähigkeit von Pkw zum Ziel hat. Der potenzielle Einsatzort ist identisch mit dem der ESP, die Versuche erfolgten daher ebenfalls entsprechend den Anforderungen der Aufhaltestufe N2. Die Konstruktion wird der Zielsetzung nur bedingt gerecht. Zum einen fehlt der Schutz von Zweiradfahrern, die in aufrechter Zweiradhaltung anprallen, da die scharfkantigen Pfostenköpfe nicht abgedeckt werden. Zum Zweiten zeigen die durchgeführten Versuche eine Schwächung der Rückhaltefähigkeit für Pkw verglichen mit der ESP ohne Zusatzkonstruktion. Während die einfache ESP 4,0 den Nachweis der Aufhaltestufe N2 hinsichtlich der Fahrzeugführung souverän erbringt, gelingt dies der ESP 4,0 mit Unterfahrerschutz nur knapp. Die Anforderungen nach DIN EN 1317 sind erfüllt, der Vergleich zeigt jedoch eine Schwächung der Rückhaltefähigkeit für Pkw auf. Weder das Aufsteigen des Fahrzeugs noch das Herunterziehen des Holms, wie es insbesondere im Versuch mit dem schweren Pkw beobachtet wurde, werden ohne die Zusatzkonstruktion beobachtet

(siehe 4.2.2 und [ELL 03]). Der schwere Pkw hat die Schutzeinrichtung nicht überstiegen, weil er sich auf dem Höhepunkt der Flugphase bereits wieder von der Schutzeinrichtung wegbewegte. In Kurvenbereichen, in denen die Konstruktion voraussichtlich überwiegend zum Einsatz kommen wird, besteht die Gefahr, dass diese Bewegung von der Konstruktion weg nicht ausreicht, um ein Übersteigen der Schutzeinrichtung zu verhindern. Gegenüber dem Kastenprofil mit Unterfahrerschutz weist die ESP mit Unterfahrerschutz den Vorteil der günstigeren Einstufung in die Anprallheftigkeitsstufe „A“ auf. Darüber hinaus besitzt sie große Vorteile hinsichtlich des Praxiseinsatzes. Die Handhabung in engen Kurvenbereichen ist einfacher und der Unterfahrerschutz ist an bestehende ESP nachrüstbar. Der Einsatz der Konstruktion erscheint sinnvoll, wenn der Schutz von Zweiradfahrern für den rutschenden Anprall im Vordergrund steht und ein reduziertes Aufhaltevermögen für Pkw in Kauf genommen werden kann.

Tabelle 6 gibt einen Überblick über die erzielten Prüfergebnisse. Die dort verwendeten Begriffe sind der DIN EN 1317 entnommen und wurden bereits in Kapitel 1.2 erläutert.

| Schutzeinrichtung   | Prüfung nach DIN EN 1317-2 | Anprallheftigkeitskennwerte:<br>ASI<br>THIV [km/h] PHD [g] | dynamische Durchbiegung [m] | Wirkungsbereich [m] | Resultat   | Anprallheftigkeitsstufe | Aufhaltestufe | Wirkungsreichheitsklasse |
|---|----------------------------|--|-----------------------------|---------------------|--|-------------------------|---------------|--------------------------|
| DDSP 4,0 (A-Profil) in Rohrhülsen<br>Systembreite 0,80 m                    | TB 42                      | Werte werden bei Lkw-/Bus-Anprallprüfungen nicht erfasst   | -                           | -                   | Fehlversuch<br>Anprallgeschwindigkeit unterschritten |                         |               |                          |
| Kastenprofil mit Unterfahrerschutz<br>Systembreite 0,20 m                   | TB 11                      | 1,1<br>34,4<br>12,3  | (nicht maßgebend)           |                     | bestanden<br>THIV<br>> 33 km/h                       | > B                     | N2            |                          |
|   | TB 32                      | 0,6<br>32,3<br>20,4  | 1,37                        | 1,55                | bestanden  |                         |               | W5                       |
| ESP 4,0 (B-Profil) mit Unterfahrerschutz<br>Systembreite 0,19 m             | TB 11                      | 0,8<br>25,9<br>13,9  | (nicht maßgebend)           |                     | bestanden  | A                       | N2            |                          |
|   | TB 32                      | 0,6<br>24,2<br>10,6  | 1,47                        | 1,67                | bestanden  |                         |               | W5                       |
| DDSP 2,0 ++ (A-Profil) mit zusätzlichem Distanzstück<br>Systembreite 0,80 m | TB 11                      | 0,8<br>24,7<br>11,7  | (nicht maßgebend)           |                     | bestanden  | A                       | H2            |                          |
|   | TB 51                      | Werte werden bei Lkw-/Bus-Anprallprüfungen nicht erfasst   | 1,81                        | 2,00                | bestanden  |                         |               | W6                       |

Tab. 6: Wichtige Prüfergebnisse an Schutzeinrichtungen

Neben Schutzeinrichtungen wurden auch Anfangs- und Endkonstruktionen geprüft. In der Praxis kommen häufig zwei Konstruktionen zum Einsatz: eine ca. 12 m lange Absenkung (Regelabsenkung) und eine ca. 8 m lange Konstruktion, die eine Absenkung über ca. 4 m beinhaltet (Kurzabsenkung). Beide Konstruktionen waren Gegenstand von Versuchen.

An der Kurzabsenkung wurde nur ein Versuch mit einem leichten Pkw durchgeführt, da bereits im Vorfeld der Verdacht bestand, dass diese Form der Anfangs- und Endkonstruktion den Anforderungen der Vornorm nicht gerecht werden könnte. Es wurde daher nur der Versuch durchgeführt, der für diese Konstruktion als kritischster angesehen wurde. Es zeigte sich, dass die Kurzabsenkung in der jetzigen Form keine normgerechte Fahrzeugführung gewährleistet, da sich das Testfahrzeug überschlug. Hier stellt sich die Frage, inwieweit dieses Versuchsergebnis Handlungsbedarf erzeugt. Einerseits weist dieses Versuchsergebnis auf ein bedenkliches Verhalten der Kurzabsenkung hin, andererseits liegen der BAST keine Erkenntnisse über Unfallauffälligkeiten bei Kurzabsenkungen vor. Die Resultate an der Regelabsenkung lassen auch im Fall der Kurzabsenkung bei einem seitlichen Anprall ein normgerechtes Verhalten erwarten. Als kritisch ist daher nur der untersuchte Anfahrweg einzustufen. Kurzabsenkungen sollen nach den [RPS 89] nur in Ausnahmefällen bei beengten Platzverhältnissen eingesetzt werden, und auf zweibahnigen Straßen nur als Endkonstruktion. Der untersuchte Anfahrweg kann aber nur beim Einsatz als Anfangskonstruktion auftreten. Darüber hinaus lassen die [RPS 89] einen richtlinienkonformen Einsatz von Kurzabsenkungen auf Straßen minderer Verkehrsbedeutung bei kurzen Unterbrechungen von Schutzplanken zu, sofern eine überlappende Aufstellung nicht möglich ist. Der untersuchte Anfahrweg träte nur in dem unwahrscheinlichen Fall auf, dass ein Fahrzeug unter sehr flachem Winkel genau an die Unterbrechung der Schutzplanken anprallt. Der untersuchte Fall stellt daher in Deutschland den Ausnahmefall dar und es scheint im Sinne eines effizienten Einsatzes von Steuergeldern geboten, die weitere Untersuchung der Kurzabsenkung zurückzustellen, bis die Diskussionen über Teil 4 der Norm, der derzeit nur als Vornorm vorliegt, abgeschlossen ist.

Die Versuche an der 12 m langen Regelabsenkung verliefen positiv. Die Regelabsenkung stellt eine AEK dar. Damit kommen ihr, wie bereits erläutert,

grundsätzlich zwei Funktionen zu: Verankerung des Zugbandes und Sicherung der Anfangs- und Endpunkte der angeschlossenen Schutzeinrichtung. An der Regelabsenkung wurden zwei Versuche durchgeführt.

Der seitliche Anprall unter 15° (TT 4.2.80) mit einem schweren Pkw (1.300 kg) prüft schwerpunktmäßig die Verankerung der Zugbandwirkung im Fall eines Anpralls direkt an die AEK. Die Prüfung zeigt ein ideales Verhalten der Regelabsenkung für diesen Versuch auf. Das Fahrzeug wird souverän umgelenkt, die Verankerung des Zugbandes bleibt uneinträchtigt erhalten und alle Indikatoren weisen auf eine geringe Insassenbelastung hin.

Der zweite Versuch (TT 2.1.80) mit dem Anprall eines leichten Fahrzeugs (900 kg, 80 km/h) prüft schwerpunktmäßig die Sicherung der Anfangs- und Endpunkte der angeschlossenen Schutzeinrichtung. Die Indikatoren für die Insassenbelastung weisen auf sehr geringe Belastungen hin. Somit ist auf den ersten Blick auch dieser Versuch äußerst positiv verlaufen. Eine genauere Analyse der Versuchsergebnisse zeigt allerdings, dass das Fahrzeug nicht sicher geführt wurde. Das Fahrzeug nimmt eine bedenkliche Schräglage ein und stützt sich nur schwach auf der AEK ab. Dies zeigt, dass die Regelabsenkung in diesem Versuch die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit erreicht hat. Insgesamt bleibt festzuhalten, dass die Regelabsenkung die Anforderung als Verankerung des Zugbandes sehr gut und die Funktion der Sicherung der Anfangs- und Endpunkte einer Schutzeinrichtung zufriedenstellend erfüllt.

Tabelle 7 gibt einen Überblick über die wichtigsten Prüfergebnisse an Anfangs- und Endkonstruktionen. Die verwendeten Begriffe sind der DIN EN 1317 Teil 4 entnommen und wurden in Kapitel 1.2 erläutert.

Tabelle 8 gibt einen Überblick über den derzeitigen Stand positiv nach DIN EN 1317 geprüfter Schutzeinrichtungen. Diese Tabelle ist besonders geeignet, die Leistungsfähigkeit einzelner Schutzeinrichtungen abzulesen.

Tabelle 8 zeigt, dass keine geprüften Schutzeinrichtungen für die Aufhaltestufen H3, H4a, H4b zur Verfügung stehen. Nach dem derzeitigen Stand der Richtliniendiskussion ist in Deutschland der Einsatz von Schutzeinrichtungen der Aufhaltestufen H3 oder H4a nicht vorgesehen. Schutzeinrichtungen der Aufhaltestufe H4b sollen zwar zum Einsatz kommen, aber nur eingeschränkt in Bereichen, in

| Anfangs- und Endkonstruktion           | Prüfung nach DINV ENV 1317-4 | Anprallheftigkeitskennwerte<br>ASI<br>THIV [km/h]<br>PHD [g] | seitliche Systemauslenkung<br>Da [m]<br>Dd [m] | Resultat  | Klasse seitliche Auslenkung | Klasse Abprallbereich | Anprallheftigkeitsstufe | Leistungsklasse | Einsatzort |
|--|------------------------------|--|--|---|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|------------|
| Kurzabsenkung (A-Profil) vor EDSP 2,0  | TT 2.1.80                    | 1,1<br>2,9<br>13,5   | -<br>-<br>-                                    | nicht bestanden<br>Fzg.-Überschlag nach dem Abprall | -                           | -                     | -                       | -               | -          |
| Regelabsenkung (A-Profil) vor EDSP 2,0 | TT 4.2.80                    | 0,5<br>17,6<br>6,1   | 0<br>0,18                                      | bestanden   | x1<br>y1                    | z<br>z                |                         | P2              | U          |
|  | TT 2.1.80                    | 0,4<br>5,8<br>7,2  | 0<br>0   | bestanden   |                             |                       | A                       |                 |            |

Tab. 7: Überblick über wichtige Prüfergebnisse an Anfangs- und Endkonstruktionen

|                                       | N1     | N2     | H1      | H2     | H3 | H4a | H4b |
|---------------------------------------|--------|--------|---------|--------|----|-----|-----|
| Betonschutzwand; 0,81 m; „N-J“-Profil | W2/> B | W2/> B | W2 /> B | W2/> B |    |     |     |
| DDSP 2,0 ++ B-Profil                  | W6/A   | W6/A   | W6/A    | W6/A   |    |     |     |
| EDSP 1,33 B-Profil auf Bauwerk        | W5/A   | W5/A   | W5/A    | W7/A   |    |     |     |
| EDSP 1,33 B-Profil                    | W4/A   | W4/A   | W4/A    |        |    |     |     |
| EDSP 2,0 B-Profil                     | W5/A   | W5/A   | W5/A    |        |    |     |     |
| DDSP 4,0 + B-Profil                   | W6/A   | W6/A   | W6/A    |        |    |     |     |
| DDSP 4,0 + B-Profil                   | W6/A   | W6/A   | W6/A    |        |    |     |     |
| ESP 2,0 A-Profil                      | W4/A   | W4/A   |         |        |    |     |     |
| ESP 2,0 B-Profil                      | W5/A   | W5/A   |         |        |    |     |     |
| Kastenprofil m. Unterfahrschutz       | W5/> B | W5/> B |         |        |    |     |     |
| ESP 4,0 (B-Profil) m. Unterfahrschutz | W5/A   | W5/A   |         |        |    |     |     |

Tab. 8: Leistungsfähigkeit geprüfter Schutzeinrichtungen nach DIN EN 1317

denen eine besondere Gefährdung Dritter besteht (z. B. zur Absicherung explosionsgefährdeter Chemanlagen oder ICE-Bahnstrecken). Für diese Anwendungen stehen bereits leistungsfähige, von Herstellern entwickelte Schutzeinrichtungen zur Verfügung, sodass diese Lücke hinnehmbar erscheint.

Tabelle 9 spannt eine Matrix aus Aufhaltevermögen und Wirkungsbereich (W) auf. Diese Form der Darstellung erlaubt ein schnelles Auffinden geeigneter Schutzeinrichtungen. In einem Tabellenfeld unter

der benötigten Aufhaltstufe und dem benötigten Wirkungsbereich sind alle geeigneten, durch die BASt geprüften Standardschutzeinrichtungen verzeichnet. Innerhalb eines Tabellenfeldes sind die Schutzeinrichtungen nach den Anprallheftigkeitsstufen gruppiert, mit der günstigsten Anprallheftigkeitsstufe A zuoberst.

Tabelle 9 lässt sich entnehmen, dass auch im Bereich geringer Wirkungsbereiche bei gleichzeitig günstiger Anprallheftigkeit eine Lücke besteht. So steht mit der DDSP 2,0 ++ nur eine Standard-

| W               | APH                     | N1                      | N2              | H1              | H2              | H3              | H4a | H4b |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|-----|
| W8<br>(≤ 3,5 m) | A                       | ESP 4,0                 | ESP 4,0         |                 |                 |                 |     |     |
|                 |                         | ESP 2,0                 | ESP 2,0         |                 |                 |                 |     |     |
|                 |                         | DDSP 4,0 +              | DDSP 4,0 +      | DDSP 4,0 +      |                 |                 |     |     |
|                 |                         | EDSP 2,0                | EDSP 2,0        | EDSP 2,0        |                 |                 |     |     |
|                 |                         | EDSP 1,33               | EDSP 1,33       | EDSP 1,33       |                 |                 |     |     |
|                 |                         | EDSP 1,33<br>Bw         | EDSP 1,33<br>Bw | EDSP 1,33<br>Bw | EDSP 1,33<br>Bw | EDSP 1,33<br>Bw | —   | —   |
|                 | DDSP 2,0 ++             | DDSP 2,0 ++             | DDSP 2,0 ++     | DDSP 2,0 ++     | DDSP 2,0 ++     |                 |     |     |
| B               |                         |                         |                 |                 |                 |                 |     |     |
| > B             | Kprofil UFS<br>BSW 0,81 | Kprofil UFS<br>BSW 0,81 | BSW 0,81        | BSW 0,81        |                 |                 |     |     |
| W7<br>(≤ 2,5 m) | A                       | ESP 4,0                 | ESP 4,0         |                 |                 |                 |     |     |
|                 |                         | ESP 2,0                 | ESP 2,0         |                 |                 |                 |     |     |
|                 |                         | DDSP 4,0 +              | DDSP 4,0 +      | DDSP 4,0 +      |                 |                 |     |     |
|                 |                         | EDSP 2,0                | EDSP 2,0        | EDSP 2,0        |                 |                 |     |     |
|                 |                         | EDSP 1,33               | EDSP 1,33       | EDSP 1,33       |                 |                 |     |     |
|                 |                         | EDSP 1,33<br>Bw         | EDSP 1,33<br>Bw | EDSP 1,33<br>Bw | EDSP 1,33<br>Bw | EDSP 1,33<br>Bw | —   | —   |
|                 | DDSP 2,0 ++             | DDSP 2,0 ++             | DDSP 2,0 ++     | DDSP 2,0 ++     | DDSP 2,0 ++     |                 |     |     |
| B               |                         |                         |                 |                 |                 |                 |     |     |
| > B             | Kprofil UFS<br>BSW 0,81 | Kprofil UFS<br>BSW 0,81 | BSW 0,81        | BSW 0,81        |                 |                 |     |     |
| W6<br>(≤ 2,1 m) | A                       | ESP 4,0                 | ESP 4,0         |                 |                 |                 |     |     |
|                 |                         | ESP 2,0                 | ESP 2,0         |                 |                 |                 |     |     |
|                 |                         | DDSP 4,0 +              | DDSP 4,0 +      | DDSP 4,0 +      |                 |                 |     |     |
|                 |                         | EDSP 2,0                | EDSP 2,0        | EDSP 2,0        |                 |                 |     |     |
|                 |                         | EDSP 1,33               | EDSP 1,33       | EDSP 1,33       |                 |                 |     |     |
|                 |                         | EDSP 1,33<br>Bw         | EDSP 1,33<br>Bw | EDSP 1,33<br>Bw | EDSP 1,33<br>Bw | EDSP 1,33<br>Bw | —   | —   |
|                 | DDSP 2,0 ++             | DDSP 2,0 ++             | DDSP 2,0 ++     | DDSP 2,0 ++     | DDSP 2,0 ++     |                 |     |     |
| B               |                         |                         |                 |                 |                 |                 |     |     |
| > B             | Kprofil UFS<br>BSW 0,81 | Kprofil UFS<br>BSW 0,81 | BSW 0,81        | BSW 0,81        |                 |                 |     |     |
| W5<br>(≤ 1,7 m) | A                       | ESP 4,0                 | ESP 4,0         |                 |                 |                 |     |     |
|                 |                         | ESP 2,0                 | ESP 2,0         |                 |                 |                 |     |     |
|                 |                         | EDSP 2,0                | EDSP 2,0        | EDSP 2,0        |                 |                 |     |     |
|                 |                         | EDSP 1,33               | EDSP 1,33       | EDSP 1,33       |                 |                 |     |     |
|                 | EDSP 1,33<br>Bw         | EDSP 1,33<br>Bw         | EDSP 1,33<br>Bw | EDSP 1,33<br>Bw |                 | —               | —   | —   |
| B               |                         |                         |                 |                 |                 |                 |     |     |
| > B             | Kprofil UFS<br>BSW 0,81 | Kprofil UFS<br>BSW 0,81 | BSW 0,81        | BSW 0,81        |                 |                 |     |     |
| W4<br>(≤ 1,3 m) | A                       | ESP 2,0                 | ESP 2,0         |                 |                 |                 |     |     |
|                 | B                       | EDSP 1,33               | EDSP 1,33       | EDSP 1,33       |                 |                 |     |     |
|                 | > B                     | BSW 0,81                | BSW 0,81        | BSW 0,81        | BSW 0,81        | —               | —   | —   |
| W3<br>(≤ 1,0 m) | A                       |                         |                 |                 |                 |                 |     |     |
|                 | B                       |                         |                 |                 |                 |                 |     |     |
|                 | > B                     | BSW 0,81                | BSW 0,81        | BSW 0,81        | BSW 0,81        | —               | —   | —   |
| W2<br>(≤ 0,8 m) | A                       |                         |                 |                 |                 |                 |     |     |
|                 | B                       |                         |                 |                 |                 |                 |     |     |
|                 | > B                     | BSW 0,81                | BSW 0,81        | BSW 0,81        | BSW 0,81        | —               | —   | —   |
| W1<br>(≤ 0,6 m) |                         | —                       | —               | —               | —               | —               | —   | —   |

Tab. 9: Geprüfte Schutzeinrichtungen nach Aufhaltstufe, Wirkungsbereichsklasse (W) und Anprallheftigkeitsstufe (APH)

schutzeinrichtung der Aufhaltestufe H2 mit günstiger Anprallheftigkeitsstufe für die freie Strecke zur Verfügung. Diese Konstruktion weist aber mit W6 eine relativ hohe Einstufung des Wirkungsbereichs auf. Aufgrund der in vielen Teilen Deutschlands bestehenden intensiven Flächennutzung müssen häufig Schutzeinrichtungen mit niedrigen Wirkungsbereichsstufen zum Einsatz gebracht werden. Der Bereich geringer Wirkungsbereiche bei gleichzeitig hoher Rückhaltefähigkeit und günstiger Anprallheftigkeit wird auch von den patentierten Entwicklungen seitens der Schutzeinrichtungshersteller derzeit noch nicht befriedigend abgedeckt.

Insgesamt besteht noch Entwicklungsbedarf hin zu patentfreien Standardschutzeinrichtungen mit geringem Wirkungsbereich und günstiger Anprallheftigkeit. Im Bereich der Schutzeinrichtungen mit erhöhtem Schutzpotenzial für Motorradfahrer besteht Bedarf an einer möglichst nachrüstbaren Lösung, die für Pkw- wie Motorradfahrer ein hohes Schutzpotenzial aufweist.

## 6 Literatur

- [BÜR 01] BÜRKLE, H. et al.: Anprallversuche mit Motorrädern an passiven Schutzeinrichtungen, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Verkehrstechnik, Heft V90, Wirtschaftsverlag NW 2001
- [ECV 92] Das ECV-Crashsystem des TÜV Bayern, Sonderdruck aus ATZ, Automobiltechnische Zeitschrift 94 (1992) 5
- [ELL 03] ELLMERS, U.: Eignung von Fahrzeug-Rückhaltesystemen gemäß den Anforderungen nach DIN EN 1317, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Verkehrstechnik, Heft V106, Wirtschaftsverlag NW 2003
- [EN 1317] DIN EN 1317, Rückhaltesysteme an Straßen, Teile 1 und 2 (April 1998), Teil 3 (Mai 2000), und DIN ENV 1317-4 (November 2001), Hrsg.: Deutsches Institut für Normung
- [RAL-RG] Güte- und Prüfbestimmungen für Fahrzeugrückhaltesysteme aus Stahl an Straßen, 2005, Hrsg.: Gütegemeinschaft Stahlschutzplanken e. V.
- [RPS 89] Richtlinien für passive Schutzeinrichtungen an Straßen RPS, Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, FGSV, FGSV Verlag Köln 1989
- [TL-SP] Technische Lieferbedingungen für Schutzplanken, Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, FGSV, FGSV Verlag Köln 1999

## Schriftenreihe

### Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

#### Unterreihe „Verkehrstechnik“

## 2002

V 88: Tägliches Fernpendeln und sekundär induzierter Verkehr  
Vogt, Lenz, Kalter, Dobeschinsky, Breuer € 17,50

V 89: Verkehrsqualität auf Busspuren bei Mitnutzung durch andere Verkehre  
Baier, Kathmann, Schuckließ, Trapp, Baier, Schäfer € 13,50

V 90: Anprallversuche mit Motorrädern an passiven Schutzeinrichtungen  
Bürkle, Berg € 16,50

V 91: Auswirkungen der Umnutzung von BAB-Standstreifen  
Mattheis € 15,50

V 92: Nahverkehrsbevorrechtigung an Lichtsignalanlagen unter besonderer Berücksichtigung des nichtmotorisierten Verkehrs  
Friedrich, Fischer € 14,00

V 93: Nothaltemöglichkeiten an stark belasteten Bundesfernstraßen  
Brilon, Bäumer € 17,00

V 94: Freigabe von Seitenstreifen an Bundesautobahnen  
Lemke, Moritz € 17,00

V 95: Führung des ÖPNV in kleinen Kreisverkehren  
Topp, Lagemann, Derstroff, Klink, Lentze, Lübke, Ohlschmid, Pires-Pinto, Thömmes € 14,00

V 96: Mittellage-Haltestellen mit Fahrbahnanhebung  
Angenendt, Bräuer, Klöckner, Cossé, Roeterink, Sprung, Wilken € 16,00

V 97: Linksparken in städtischen Straßen  
Topp, Riel, Albert, Bugiel, Elgun, Roßmark, Stahl € 13,50

V 98: Sicherheitsaudit für Straßen (SAS) in Deutschland  
Baier, Bark, Brühning, Krumm, Meewes, Nikolaus, Räder-Großmann, Rohloff, Schweinhuber € 15,00

V 99: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2000 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen  
Laffont, Nierhoff, Schmidt € 21,00

## 2003

V 100: Verkehrsqualität unterschiedlicher Verkehrsteilnehmerarten an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage  
Brilon, Miltner € 17,00

V 101: Straßenverkehrszählung 2000 – Ergebnisse  
Lensing € 13,50

V 102: Vernetzung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen  
Kniß € 12,50

V 103: Bemessung von Radverkehrsanlagen unter verkehrstechnischen Gesichtspunkten  
Falkenberg, Blase, Bonfranchi, Cossé, Draeger, Kautzsch, Stapf, Zimmermann € 11,00

V 104: Standortentwicklung an Verkehrsknotenpunkten – Randbedingungen und Wirkungen  
Beckmann, Wulfhorst, Eckers, Klönne, Wehmeier, Baier, Peter, Warnecke € 17,00

V 105: Sicherheitsaudits für Straßen international  
Brühning, Löhe € 12,00

V 106: Eignung von Fahrzeug-Rückhaltesystemen gemäß den Anforderungen nach DIN EN 1317

Ellmers, Balzer-Hebborn, Fleisch, Friedrich, Keppler, Lukas, Schulte, Seliger € 15,50

V 107: Auswirkungen von Standstreifenumnutzungen auf den Straßenbetriebsdienst  
Moritz, Wirtz € 12,50

V 108: Verkehrsqualität auf Streckenabschnitten von Hauptverkehrsstraßen  
Baier, Kathmann, Baier, Schäfer € 14,00

V 109: Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf auf b2+1-Strecken mit allgemeinem Verkehr  
Weber, Löhe € 13,00

## 2004

V 110: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2001 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen  
Laffont, Nierhoff, Schmidt, Kathmann € 22,00

V 113: Car-Sharing in kleinen und mittleren Gemeinden  
Schweig, Keuchel, Kleine-Wiskott, Hermes, van Acken € 15,00

V 114: Bestandsaufnahme und Möglichkeiten der Weiterentwicklung von Car-Sharing  
Loose, Mohr, Nobis, Holm, Bake € 20,00

V 115: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2002 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen  
Kathmann, Laffont, Nierhoff € 24,50

V 116: Standardisierung der Schnittstellen von Lichtsignalanlagen – Zentralrechner/Knotenpunktgerät und Zentralrechner/Ingenieurarbeitsplatz  
Kroen, Klod, Sorgenfrei € 15,00

V 117: Standorte für Grünbrücken – Ermittlung konfliktreicher Streckenabschnitte gegenüber großräumigen Wanderungen jagdbarerer Säugetiere  
Surkus, Tegethof € 13,50

V 118: Einsatz neuer Methoden zur Sicherung von Arbeitsstellen kürzerer Dauer  
Steinauer, Maier, Kemper, Baur, Meyer € 14,50

## 2005

V 111: Autobahnverzeichnis 2004  
Kühnen € 21,50

V 119: Alternative Methoden zur Überwachung der Parkdauer sowie zur Zahlung der Parkgebühren  
Boltze, Schäfer, Wohlfarth € 17,00

V 120: Fahrleistungserhebung 2002 – Inländerfahrleistung  
Hautzinger, Stock, Mayer, Schmidt, Heidemann € 17,50

V 121: Fahrleistungserhebung 2002 – Inlandsfahrleistung und Unfallrisiko  
Hautzinger, Stock, Schmidt € 12,50

V 122: Untersuchungen zu Fremdstoffbelastungen im Straßenseitenraum  
Beer, Herpetz, Moritz, Peters, Saltzmann-Koschke, Tegethof, Wirtz € 18,50

V 123: Straßenverkehrszählung 2000: Methodik  
Lensing € 15,50

V 124: Verbesserung der Radverkehrsführung an Knoten  
Angenendt, Blase, Klöckner, Bonfranchi-Simović, Bozkurt, Buchmann, Roeterink € 15,50

V 125: PM<sub>10</sub>-Emissionen an Außererststraßen – mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM<sub>10</sub>-Konzentrationen aus Messungen an der A1 Hamburg und Ausbreitungsberechnungen  
Düring, Böisinger, Lohmeyer € 17,00

- V 126: Anwendung von Sicherheitsaudits an Stadtstraßen  
Baier, Heidemann, Klemps, Schäfer, Schuckließ € 16,50
- V 127: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2003  
Fitschen, Koßmann € 24,50
- V 128: Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen – Sicherheitsüberprüfung vorhandener Lichtsignalanlagen und Anpassung der Steuerung an die heutige Verkehrssituation  
Boltze, Reusswig € 17,00
- V 129: Modell zur Glättewarnung im Straßenwinterdienst  
Badelt, Breitenstein € 13,50
- V 130: Fortschreibung der Emissionsdatenmatrix des MLuS 02  
Steven € 12,00
- V 131: Ausbaustandard und Überholverhalten auf 2+1-Strecken  
Friedrich, Dammann, Irzik € 14,50
- V 132: Vernetzung dynamischer Verkehrsbeeinflussungssysteme  
Boltze, Breser € 15,50

## 2006

- V 133: Charakterisierung der akustischen Eigenschaften offener Straßenbeläge  
Hübelt, Schmid € 17,50
- V 134: Qualifizierung von Auditoren für das Sicherheitsaudit für Innerortsstraßen  
Gerlach, Kesting, Lippert € 15,50
- V 135: Optimierung des Winterdienstes auf hoch belasteten Autobahnen  
Cypra, Roos, Zimmermann € 17,00
- V 136: Erhebung der individuellen Routenwahl zur Weiterentwicklung von Umlegungsmodellen  
Wermuth, Sommer, Wulff € 15,00
- V 137: PM<sub>x</sub>-Belastungen an BAB  
Baum, Hasskelo, Becker, Weidner € 14,00
- V 138: Kontinuierliche Stickoxid (NO<sub>x</sub>)- und Ozon (O<sub>3</sub>)-Messwertaufnahme an zwei BAB mit unterschiedlichen Verkehrsparametern 2004  
Baum, Hasskelo, Becker, Weidner € 14,50
- V 139: Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit von Taumittelsprühanlagen  
Wirtz, Moritz, Thesenvitz € 14,00
- V 140: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2004 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen  
Fitschen, Koßmann € 15,50
- V 141: Zählungen des ausländischen Kraftfahrzeugverkehrs auf den Bundesautobahnen und Europastraßen 2003  
Lensing € 15,00
- V 142: Sicherheitsbewertung von Maßnahmen zur Trennung des Gegenverkehrs in Arbeitsstellen  
Fischer, Brannolte € 17,50
- V 143: Planung und Organisation von Arbeitsstellen kürzerer Dauer an Bundesautobahnen  
Roos, Hess, Norkauer, Zimmermann, Zackor, Otto € 17,50
- V 144: Umsetzung der Neuerungen der StVO in die straßenverkehrsrechtliche und straßenbauliche Praxis  
Baier, Peter-Dosch, Schäfer, Schiffer € 17,50
- V 145: Aktuelle Praxis der Parkraumbewirtschaftung in Deutschland  
Baier, Klemps, Peter-Dosch € 15,50
- V 146: Prüfung von Sensoren für Glättemeldeanlagen  
Badelt, Breitenstein, Fleisch, Häusler, Scheurl, Wendl € 18,50
- V 147: Luftschadstoffe an BAB 2005  
Baum, Hasskelo, Becker, Weidner € 14,00
- V 148: Berücksichtigung psychologischer Aspekte beim Entwurf von Landstraßen – Grundlagenstudie –  
Becher, Baier, Steinauer, Scheuchenpflug, Krüger € 16,50
- V 149: Analyse und Bewertung neuer Forschungserkenntnisse zur Lichtsignalsteuerung  
Boltze, Friedrich, Jentsch, Kittler, Lehnhoff, Reusswig € 18,50
- V 150: Energetische Verwertung von Grünabfällen aus dem Straßenbetriebsdienst  
Rommeiß, Thrän, Schlägl, Daniel, Scholwin € 18,00

## 2007

- V 151: Städtischer Liefer- und Ladeverkehr – Analyse der kommunalen Praktiken zur Entwicklung eines Instrumentariums für die StVO  
Böhl, Mause, Kloppe, Brückner € 16,50
- V 152: Schutzeinrichtungen am Fahrbahnrand kritischer Streckenabschnitte für Motorradfahrer  
Gerlach, Oderwald € 15,50
- V 153: Standstreifenfreigabe – Sicherheitswirkung von Umnutzungsmaßnahmen  
Lemke € 13,50
- V 154: Autobahnverzeichnis 2006  
Kühnen € 22,00
- V 155: Umsetzung der Europäischen Umgebungslärmrichtlinie in Deutsches Recht  
Bartolomaeus € 12,50
- V 156: Optimierung der Anfeuchtung von Tausalzen  
Badelt, Seliger, Moritz, Scheurl, Häusler € 13,00
- V 157: Prüfung von Fahrzeugrückhaltesystemen an Straßen durch Anprallversuche gemäß DIN EN 1317  
Klöckner, Fleisch, Balzer-Hebborn € 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](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
Internet: [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.