

Anprallprüfungen an Fahrzeug- Rückhaltesystemen und Entwicklung von Nachrüstlösungen

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 328

bast

Anprallprüfungen an Fahrzeug- Rückhaltesystemen und Entwicklung von Nachrüstlösungen

von

Linda Meisel

unter Mitwirkung von:

Martina Balzer-Hebborn

Uwe Ellmers

Ilja Jungfeld

Holger Klostermeier

Janine Kübler

Susanne Schmitz

Holger Schwedhelm

Xiaochen Yu

Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach

Technische Durchführung der Anprallversuche:

DEKRA Automobil GmbH, Stuttgart

TÜV Süd Auto Service GmbH, München

Technische Unterstützung:

CEStrA-Zert, Bremen

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 328

bast

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

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

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

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

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt bei der Carl Ed. Schünemann KG, Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen, Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in der Regel in Kurzform im Informationsdienst **Forschung kompakt** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos angeboten; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Kommunikation.

Die **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)** stehen zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BASt-Archiv ELBA zur Verfügung.
<http://bast.opus.hbz-nrw.de>

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt: F1100.6408000
Anprallprüfungen an Fahrzeug-Rückhaltesysteme
und Entwicklung von Nachrüstlösungen

Referat

Straßenausstattung

Herausgeber

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

Redaktion

Stabsstelle Presse und Kommunikation

Druck und Verlag

Fachverlag NW in der
Carl Ed. Schünemann KG
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53
Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48
www.schuenemann-verlag.de

ISSN 0943-9331

ISBN 978-3-95606-507-1

Bergisch Gladbach, Mai 2020

Kurzfassung – Abstract

Anprallprüfungen an Fahrzeug-Rückhaltesystemen und Entwicklung von Nachrüstlösungen

Die ersten Anprallprüfungen an den Standardschutzeinrichtungen in Deutschland wurden Anfang der 1990er Jahre aufgrund von Normentwürfen der [DIN EN 1317] durchgeführt. Einige Systeme nach den damaligen Regelwerken für Schutzeinrichtungen [RPS 1989] wurden jedoch keiner Anprallprüfung unterzogen und dennoch gemäß [RPS 1989] oder nach Einführung der [RPS 2009] als Sonderlösungen auf den deutschen Bundesfernstraßen eingesetzt. Neben diesen Systemen aus „Standardteilen“ wurden im Rahmen dieses Projektes auch Nachrüstlösungen für bestehende Systeme, die in der Praxis Schwächen gezeigt hatten, entwickelt und untersucht.

Für das aufgetretene Praxis-Problem sich lösender Pfosten vor allem für Schutzeinrichtungen in Mittelstreifenüberfahrten und auf Bauwerken, wurden verschiedene Nachrüstlösungen entwickelt. Die bislang vorhandenen zwei Sollbruchstellen der Pfosten (am Holm und an der Einspannung) wurden mit einer Zusatzschraube entschärft. An dieser Lösung wurden Anprallversuche durchgeführt und als Ergebnis stehen für einige der Systeme (EDSP 2.0 mit Rohrhülsen und gesicherten Steckpfosten, DDSP 4.0+ mit Rohrhülsen und gesicherten Steckpfosten und EDSP 1.33 BW+ mit Geländer und Zusatzschraube) Nachrüstlösungen zur Verfügung.

Für Betonschutzwände in Ortbetonbauweise mit geschädigter (korrodierter) Bewehrung und für die Übergangskonstruktion nach [ARS 17/1996] zur Verbindung von Betonschutzwänden mit Standard-Stahlschutzeinrichtungen wurde jeweils eine Sanierungslösung entwickelt, mit der u. a. die erwarteten Aufhaltestufen der Systeme wieder hergestellt werden können.

Für ausgewählte Fälle, für die in der Praxis bisher keine geprüften Schutzeinrichtungen zur Verfügung standen, wurden ebenfalls Lösungen aus den Standard-Schutzeinrichtungen der [TL-SP 99] erarbeitet und deren Leistungsfähigkeit in positiven Anprallversuchen überprüft. Dadurch stehen nun verschiedene kurze Schutzeinrichtungen für Strecke und Bauwerk (20m-kurzESP 2.0, 32m-kurzEDSP 2.0, 12m-kurzESP 2.0 BW) insbesondere für den Einsatz auf Landstraßen zur Verfügung.

Weitere Anprallversuche wurden an einer auf 16 m verlängerten Standard-Absenkung (ursprüngliche Länge 12 m) und einer Übergangskonstruktion zur Verbindung von zwei Standard-Stahlschutzeinrichtungen durchgeführt.

Die Prüfberichte der Anprallprüfungen sowie die Anprallvideos sind auf der [Homepage der BAST] veröffentlicht.

Impact tests on vehicle restraint systems and development of retrofit solutions

The first impact tests on the „Standardschutzeinrichtungen“ in Germany were carried out in the early 1990s on the basis of draft of the European standard [DIN EN 1317]. However, some systems according to the former regulations for safety barriers [RPS 1989] were not subjected to impact tests and were nevertheless used as special solutions on German federal highways in accordance with the [RPS 1989] and also after the introduction of [RPS 2009]. In addition to these systems consisting of „standard parts“, retrofit solutions for existing systems that had shown weaknesses in practice were also developed and investigated within the scope of this project.

Various retrofit solutions have been developed for problems from experience encountered with detached, especially for safety barriers in central reserve crossings and on bridges. The existing two predetermined breaking points of the posts (at the beam and at the fixation) were defused with an additional screw. Impact tests were carried out on this solution and as a result, retrofit solutions are available for some of the systems (EDSP 2.0 with tubular sleeves and secured plug-in posts, DDSP 4.0+ with tubular sleeves and secured plug-in posts and EDSP 1.33 BW+ with railing and additional screw).

For in-situ concrete safety barriers with damaged (corroded) reinforcement and for the transition in accordance with the [ARS 17/1996] for connecting concrete safety barriers with standard steel safety barriers, a rehabilitation solution was developed in each case with which the expected containment levels of the systems can be restored, among other things.

For selected cases where no tested safety barriers have been available in practice so far, solutions from the „Standardschutzeinrichtungen“ of the [TL-SP 99] were also developed and their performance tested in positive impact tests. This means that various short safety barriers are now available for roads and bridges (20m-kurzESP 2.0, 32m-kurzESP 2.0, 12m-kurzESP 2.0 BW), especially for the use on rural roads.

Further impact tests were carried out on a standard -terminal extended to 16 m (original length 12 m) and a transition for connecting two standard steel safety barriers.

The test reports and videos for the impact tests are published on the [Homepage der BAST].

Inhalt

1	Einleitung	7	4.1.2	Übergangskonstruktion nach [ARS 17/1996]	47
2	Ausgangslage und Ziele	8	4.1.3	Ortbetonschutzwände mit offenen Fugen und geschädigter Bewehrung	53
2.1	Regelwerke	8	4.2	Anprallversuche für typische Situationen und fehlende Systeme in der Praxis	63
2.1.1	Allgemeines	8	4.2.1	ESP 2.0 – Einfache Schutzplanke	63
2.1.2	Leistungskriterien für die Bewertung von Anprallprüfungen an Fahrzeug-Rückhaltesystemen	9	4.2.2	Standardschutzeinrichtungen mit einer kurzen Prüflänge	66
2.1.1	Simulation von dynamischen Anprallvorgängen	13	4.2.3	KurzESP 2.0 BW – Einfache Schutzplanke auf Bauwerk mit einer kurzen Prüflänge	73
2.2	Praxisprobleme und Unfälle – Bedarf an Konstruktionen	14	4.3	Anprallversuche an Standard-ÜK und verlängerte Absenkung	78
2.2.1	Schutzeinrichtungen mit gelösten Pfosten beim Anprall	14	4.3.1	Übergangskonstruktionen für die Verbindung von Standardschutzeinrichtungen	78
2.2.2	Übergangskonstruktion nach [ARS 17/1996]	14	4.3.2	Absenkung (16 m) für EDSP 2.0	88
2.2.3	Ortbetonschutzwände mit offenen Fugen und geschädigter Bewehrung	17	5	Zusammenfassung und Ausblick . . .	92
2.2.4	Fehlende Lösungen für die Praxis	18	Literatur		93
2.2.5	Fehlende Anprallversuche an Standard-ÜK und verlängerte Absenkung	20	Tabellen		95
3	Versuchsprogramm	22	Bilder		95
3.1	Untersuchte Systeme	22			
3.2	Versuchsdurchführung	23			
3.2.1	Prüfgelände der TÜV Süd Auto Service GmbH	23			
3.2.2	Prüfgelände der DEKRA Automobil GmbH	25			
4	Anprallprüfungen – Ergebnisse und Verwendung in der Praxis	27			
4.1	Anprallversuche zur Bereitstellung von Nachrüstlösungen	27			
4.1.1	Vermeidung gelöster Pfosten	27			

1 Einleitung

Fahrzeug-Rückhaltesysteme (FRS) sind nach DIN EN 1317-1 [DIN EN 1317]. Konstruktionen, welche nach Bild 1-1 unterteilt werden und „in bestimmtem Umfang ein von der Fahrbahn abkommendes Fahrzeug“ aufhalten sollen. Den dauerhaften Einsatz in Deutschland regeln die „Richtlinien für passiven Schutz an Straßen durch Fahrzeug-Rückhaltesysteme“ [RPS 2009] sowie die Technischen Kriterien für den Einsatz von Fahrzeug-Rückhaltesystemen in Deutschland [TK FRS].

Fahrzeug-Rückhaltesysteme fallen in den Geltungsbereich der Bauproduktenverordnung [305/2011], vormals Bauproduktenrichtlinie [89/106/EWG] und müssen seit der Veröffentlichung der Fundstelle der [DIN EN 1317-5] im Amtsblatt der Europäischen Union [C 152/9] seit dem 01.01.2011 CE-gekennzeichnet sein, um in Europa gehandelt werden zu dürfen. Grundlage für die CE-Kennzeichnung nach der europäischen Norm [DIN EN 1317-5] sind erfolgreiche Anprallprüfungen nach [DIN EN 1317] – Teile 1 bis 3. Für Anfangs-, End- und Übergangskonstruktionen gibt es den Teil 4 der Vornorm [DIN EN 1317], in dem die Prüfbedingungen geregelt werden. Da die [DIN V ENV 1317-4] als Vornorm bislang noch nicht als Grundlage für eine Zertifizierung verwendet werden kann, werden seit kurzem Anforderungen an Übergangskonstruktionen auf nationaler Ebene in den Technischen Liefer- und Prüfbedingungen für Übergangskonstruktionen zur Verbindung von Schutzeinrichtungen [TLP ÜK 2017] geregelt. Bis zum in Kraft treten einer harmonisierten europäischen Norm ist daher als Ersatz für ein CE-Zertifikat eine positive Begutachtung auf Grundlage der [TLP ÜK 2017] für den Einsatz von Übergangskonstruktionen in Deutschland nachzuweisen.

Betonschutzwände in Ortbetonbauweise (BSW O) wurden bisher in Deutschland nicht als Bauprodukte, sondern wie Bauwerke behandelt und müssen im Vergleich zu den Schutzeinrichtungen aus Stahl und Betonfertigteilen die nationalen „Anforderungen an den Nachweis der Leistungsfähigkeit von Betonschutzwänden in Ortbetonbauweise – Vergleichsverfahren BSW Ortbeton“ [VGVF BSW O] erfüllen. Entfernbar bzw. temporäre Schutzeinrichtungen werden im Bereich von Arbeitsstellen eingesetzt und sind nicht im Normungs-Mandat 111 der Europäischen Kommission an das CEN (Comité Européen de Normalisation) enthalten. Für temporäre Schutzeinrichtungen gibt es daher ebenfalls keine CE-Kennzeichnung und für den Einsatz in Deutschland gelten daher neben den Teilen 1 und 2 der [DIN EN 1317] für die Anprallprüfungen, die nationalen Regelwerke. Temporäre Schutzeinrichtungen werden in diesem Bericht jedoch nicht betrachtet.

In den „Richtlinien für passiven Schutz an Straßen durch Fahrzeug-Rückhaltesysteme“ [RPS 2009] werden im Gegensatz zu den früheren „Richtlinien für passive Schutzeinrichtungen an Straßen“ [RPS 1989] nur noch Leistungsmerkmale (Aufhaltestufe, Wirkungsbereichsklasse, Anprallheftigkeitsstufe) vorgeschrieben. Es werden dadurch keine konkreten Systemlösungen mehr für bestimmte Randbedingungen wie bspw. die Einfache Distanzschutzplanke (EDSP) vorgesehen. Nach den [RPS 1989] kamen überwiegend Standard Fahrzeug-Rückhaltesysteme aus Stahl gemäß den „Technischen Lieferbedingungen für Stahlschutzplanken [TL-SP 99]“ zum Einsatz, die nach dem Baukastenprinzip entwickelt und zusammengebaut wurden.

Die in diesem Bericht veröffentlichten, von der BAST im Auftrag des heutigen Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) betreuten

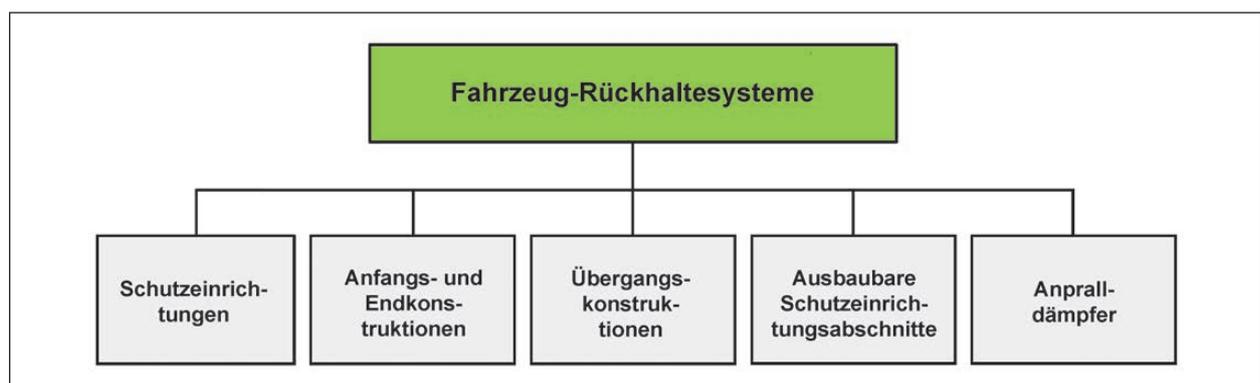


Bild 1-1: Übersicht Fahrzeug-Rückhaltesysteme (FRS) nach [DIN EN 1317]

Anprallversuche beziehen sich weitestgehend auf Fahrzeug-Rückhaltesysteme, die mit Bauteilen aus den [TL-SP 99] bzw. der [RAL-RG 620] zusammengebaut werden können. Zum Großteil sind diese Systeme in ähnlicher Form bereits als ungeprüfte Sonderlösungen oder in ähnlicher Form auf den deutschen Bundesfernstraßen installiert. Demnach besteht ein hohes öffentliches Interesse, diese Systeme als geprüfte Lösungen weiterhin in Deutschland einsetzen zu können, da allein die auf Bundesfernstraßen eingesetzten Systeme ein erhebliches volkswirtschaftliches Kapital darstellen. Neben diesen Systemen aus „Standardteilen“ wurden im Rahmen der Untersuchungen auch Nachrüstlösungen für bestehende Systeme entwickelt und untersucht, mit dem Ziel, die Aufhaltefähigkeit dieser System wieder herzustellen.

2 Ausgangslage und Ziele

2.1 Regelwerke

2.1.1 Allgemeines

Die für Europa geltenden Prüfverfahren und -bedingungen für Fahrzeug-Rückhaltesysteme werden in der Norm „Rückhaltesysteme an Straßen“, der [DIN EN 1317] festgelegt, welche sich in folgende Teile gliedert:

- DIN EN 1317-1: Rückhaltesysteme an Straßen; Teil 1: Terminologie und allgemeine Kriterien für Prüfverfahren
- DIN EN 1317-2: Rückhaltesysteme an Straßen; Teil 2: Leistungsklassen, Abnahmekriterien für Anprallprüfungen und Prüfverfahren für Schutzeinrichtungen und Fahrzeugbrüstungen
- DIN EN 1317-3: Rückhaltesysteme an Straßen; Teil 3: Leistungsklassen, Abnahmekriterien für Anprallprüfungen und Prüfverfahren für Anpralldämpfer
- DIN V ENV 1317-4: Rückhaltesysteme an Straßen; Teil 4: Leistungsklassen, Abnahmekriterien für Anprallprüfungen und Prüfverfahren für Anfangs-, End- und Übergangskonstruktionen von Schutzeinrichtungen; 2002
- DIN EN 1317-5: Rückhaltesysteme an Straßen; Teil 5: Anforderungen an die Produkte, Konfor-

mitätsverfahren und -bewertung für Fahrzeugrückhaltesysteme

- CEN/TR 1317-6: Rückhaltesysteme an Straßen; Teil 6: Fußgängerrückhaltesysteme, Brückengeländer; 2012
- prEN 1317-7: Rückhaltesysteme an Straßen; Teil 7: Leistungsklassen, Abnahmekriterien für Anprallprüfungen und Prüfverfahren für Anfangs- und Endkonstruktionen für Schutzeinrichtungen; 2012
- DIN CEN/TS 1317-8: Rückhaltesysteme an Straßen; Teil 6: Rückhaltesysteme für Motorräder, die die Anprallheftigkeit an Schutzplanken für Motorradfahrer reduzieren

Im Teil 1 der [DIN EN 1317] werden allgemeine Kriterien festgelegt, die in allen Anprallprüfungen an Fahrzeug-Rückhaltesystemen zur Anwendung kommen sollen. Die spezifischen Anforderungen an die Prüfung der verschiedenen Arten von Fahrzeug-Rückhaltesystemen, wie z. B. Schutzeinrichtungen und Anpralldämpfer sind in den weiteren Teilen 2 und 3 der [DIN EN 1317] zu finden. Hiernach positiv geprüfte Fahrzeug-Rückhaltesysteme – d. h. Fahrzeug-Rückhaltesysteme, deren Prüfungsrandbedingungen und -verlauf den Normenanforderungen entsprechen – können im Anschluss ein Zertifizierungsverfahren gemäß [DIN EN 1317-5] durchlaufen, insofern die entsprechenden Normenteile im harmonisierten Anhang ZA des Teil 5 aufgerufen werden. Das ist nicht der Fall für den aktuellen Teil 4 der [DIN EN 1317], der vom Deutschen Institut für Normung e. V. (DIN) als Vornorm veröffentlicht wurde [DIN V ENV 1317-4]. Hierin sind die Anforderungen an die Prüfung von Übergangskonstruktionen und Anfangs- und Endkonstruktionen geregelt, die vereinbarungsgemäß erst mit Umsetzung in eine veröffentlichte Europäische Norm in der Zertifizierung berücksichtigt werden sollen. Europäisch abgestimmte Entwürfe für normative Regelungen zu Prüfungen an Anfangs- und Endkonstruktionen und Notöffnungssystemen existieren bereits und sollen in absehbarer Zeit veröffentlicht werden. Die Regelungen für Übergangskonstruktionen werden demnächst wie die Teile 6 und 8 als Technische Berichte veröffentlicht und sollen nicht zur CE-Kennzeichnung führen. Die Teile 6 und 8, sowie der Teil 3 für Anpralldämpfer, sind nicht Gegenstand dieses Berichtes, da sie sich ausschließlich mit Fußgänger-Rückhaltesystemen sowie Motorradfahrer-Schutzsystemen beschäftigen.

Den im vorliegenden Bericht durchgeführten Anprallprüfungen wurden unterschiedliche Normausgaben zugrunde gelegt, da die Teile 1-3 sowie 5 im Prüfzeitraum (2008 – 2014) aktualisiert wurden. Die Veröffentlichung der aktualisierten Teile erfolgte im Jahr 2010/2011, sodass einige Prüfungen so durchgeführt worden sind, dass sie beide Normausgaben erfüllen. Ein wesentlicher Unterschied besteht in der aktuellen Norm gegenüber der älteren Normausgabe bspw. in der Anbringung (Ort) und Auswertung (Filterung) der Sensoren für die Ermittlung der Anprallheftigkeit und in der Einführung der normalisierten Werte, was dazu dient, die Ergebnisse mit unterschiedlicher Grundlage (unterschiedliche Fahrzeugmasse, Anprallwinkel, Anprallgeschwindigkeit etc.) vergleichbar zu machen.

2.1.2 Leistungskriterien für die Bewertung von Anprallprüfungen an Fahrzeug-Rückhaltesystemen

a) Längsgerichtete Schutzeinrichtungen

Die Anforderungen an die Prüfung von Schutzeinrichtungen, welche längs zur Straße errichtet werden, legt der Teil 2 der [DIN EN 1317] fest. Die Hauptbewertungskriterien sind dabei:

- das Rückhaltevermögen (entsprechend der Aufhaltestufe), d. h. welche Fahrzeugarten (Pkw, Lkw, Bus) typischerweise aufgehalten werden können,
- die Anprallheftigkeit, d. h. welche Belastungen und eventuelle Verletzungsrisiken für die Insassen eines anprallenden Pkw zu erwarten sind und
- die seitliche Auslenkung, d. h. welchen Raum die Schutzeinrichtung neben der Fahrbahn benötigt, um die jeweilige Fahrzeugart aufzuhalten mit
 - dem Wirkungsbereich (Bild 2-1), d. h. der Abstand der ursprünglichen Systemvorderkante bis zur ausgelenkten Systemhinterkante,
 - der dynamischen Durchbiegung, d. h. der Abstand der ursprünglichen Systemvorderkante bis zur ausgelenkten Systemvorderkante und

- der Fahrzeugeindringung, d. h. der maximalen Position des Fahrzeugs über das Systems hinaus (Messung bei Lkw in 4 m Höhe nach aktueller Norm; beim Bus und nach alter Normausgabe an der Kante in der Höhe des Fahrzeugs),

welche während des Anprallversuchs ermittelt werden.

Zum Nachweis einer Aufhaltestufe müssen grundsätzlich mindestens zwei positive Versuche durchgeführt werden, wobei sich diese in ihren Anfor-

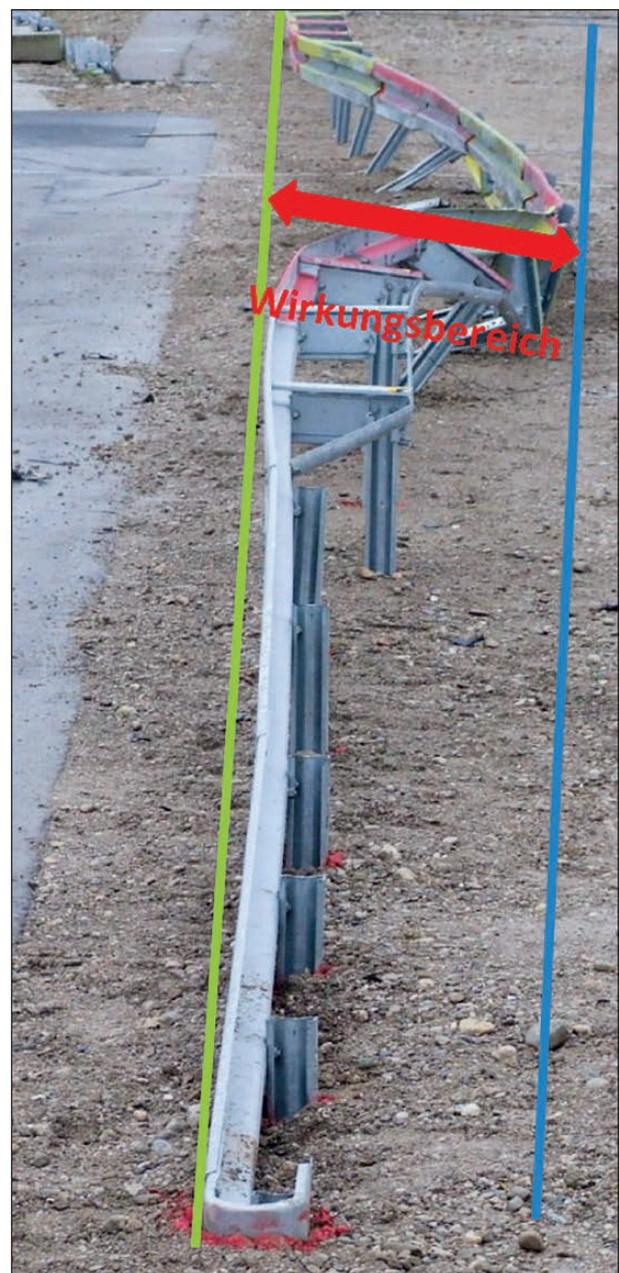


Bild 2-1: Darstellung des (statischen) Wirkungsbereiches

(normalisierte) Wirkungsbereichsklasse	(normalisierter) 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. 2-1: Stufen für den Wirkungsbereich nach [DIN EN 1317]

(normalisierte) Klasse der Fahrzeugeindringung	(normalisierter) Wirkungsbereich [m]
VI1	≤ 0,6
VI2	≤ 0,8
VI3	≤ 1,0
VI4	≤ 1,3
VI5	≤ 1,7
VI6	≤ 2,1
VI7	≤ 2,5
VI8	≤ 3,5

Tab. 2-2: Stufen für die Fahrzeugeindringung nach [DIN EN 1317]

derungen und ihrer Zielsetzung unterscheiden. So ist eine Prüfung mit einer hohen Anprallenergie, d. h. mit einem schweren Pkw, einem Lkw oder Bus erforderlich, in der das maximale Aufhaltevermögen und die seitliche Auslenkung des Systems nachgewiesen werden soll. Eine zweite Prüfung ist mit einem leichten Pkw als Prüffahrzeug durchzuführen, wobei der Nachweis erbracht werden soll, dass das System die Fähigkeit zum Aufhalten und Umlenken auch kleinerer und leichter Fahrzeuge besitzt, ohne die Insassen einer übermäßigen Beanspruchung auszusetzen. Anhand der durchgeführten Anprallprüfungen an einer Schutzeinrichtung wird dieser gemäß Bild 2-2 die entsprechende Aufhaltestufe zugeordnet.

Für den Wirkungsbereich (Tabelle 2-1) und die Fahrzeugeindringung (Tabelle 2-2) sind jeweils 8 Klassen mit den Werten von 0,6 m bis 3,5 m festgelegt. Der Wert des Wirkungsbereichs bzw. der Fahrzeugeindringung ist an die jeweils geprüfte Aufhaltstufe gebunden.

Die Bewertung der Anprallheftigkeit (Insassenbelastung) wird anhand von Beschleunigungen analysiert, die im Fahrzeug während des Anprallvorgangs gemessen werden. Für die Einordnung einer Schutzeinrichtung in eine Anprallheftigkeitsstufe ist

Anprallwinkel Anprallgeschwindigkeit	Abnahmeprüfung (Soll-Werte)				Prüfung mit Prüfung		Aufhaltstufe		
	Fahrzeugart	Fahrzeugmasse	Anprallenergie [kJ]		TB	TB			
			0	200					400
8° 80 km/h	1,3 t		6			21	—	T1	Rückhaltevermögen bei geringem Anprallwinkel
15° 80 km/h	1,3 t		22			22	—	T2	
8° 70 km/h	10 t		37			41	21	T3	
20° 100 km/h	0,5 t		41			11	—	—	
20° 80 km/h	1,3 t		43			31		N1	normales Rückhaltevermögen
20° 110 km/h	1,3 t		82			32	11	N2	
15° 70 km/h	10 t		127			42	11	H1	höheres Rückhaltevermögen
20° 70 km/h	15 t		287			51	11	H2	
20° 80 km/h	10 t		462			61	11	H3	
20° 65 km/h	20 t		572			71	11	H4a	
20° 65 km/h	30 t		724			81	11	H4b	sehr hohes Rückhaltevermögen

Bild 2-2: Prüfbedingungen und Aufhaltstufen für Schutzeinrichtungen nach [DIN EN 1317]

die Tabelle 2-3 zu verwenden, wobei die Grenzwerte nicht überschritten werden dürfen. Ein niedriger Wert lässt eher auf eine geringere zu erwartende Verletzungsschwere schließen als ein höherer Wert.

Neben den genannten Bewertungskriterien werden noch weitere Kriterien für das Verhalten des Fahrzeugs sowie der Schutzeinrichtung selbst herangezogen. So dürfen sich bspw. keine wesentlichen Teile vom System lösen oder Längselemente durchtrennt sein. Des Weiteren darf sich das Fahrzeug bei der Prüfung nicht überschlagen und es darf sich nach dem Abprall nur in einem bestimmten Raum, der sogenannten Box parallel neben der Schutzeinrichtung bewegen.

b) Übergangskonstruktionen

Die Anforderungen an die Prüfung von Übergangskonstruktionen, die zwei Schutzeinrichtungen mechanisch miteinander verbinden, legt der Teil 4 der [DIN EN 1317] fest.

Für die Bewertung des Fahrzeug- und Systemverhaltens sowie für die Einstufung in die Leistungsklassen gelten die gleichen Kriterien wie für längs-

gerichtete Schutzeinrichtungen. Zusätzlich sind 5 weitere Kriterien zu beachten:

- die Aufhaltestufe, welche weder höher noch niedriger als die der angeschlossenen Schutzeinrichtungen sein darf,
- der Wirkungsbereich, der den größeren Wirkungsbereich der angeschlossenen Schutzeinrichtungen jeweils nicht übersteigen darf,
- die kritische Anprallrichtung, die von der weichen zur steiferen Schutzeinrichtung verlaufen soll und
- der kritische Anprallpunkt, der sich im Allgemeinen bei Pkw bei 3/4 der Länge der Übergangskonstruktion und bei schweren Fahrzeugen (Lkw, Bus) in der Mitte der Übergangskonstruktion befindet. Abweichend dazu kann auch ein anderer kritischer Anprallpunkt festgelegt werden, wenn die Konstruktion dies erfordert.

Mit der Einführung der [TLP ÜK 2017] werden nun auch Anforderungen an die Gestaltung und die Randbedingungen von Übergangskonstruktionen, die über die [DIN V ENV 1317-4] hinaus gehen sowie auch Inhalte und Umfang der Produktdokumentation festgelegt. Dazu gehört bspw., dass ein kontinuierlicher Steifigkeitsverlauf zwischen den beiden angeschlossenen Schutzeinrichtungen herzustellen ist und die angeschlossenen Schutzeinrichtungen in der Anprallprüfung eine bestimmte Länge aufweisen müssen. Übergangskonstruktionen, die vor der Einführung der [TLP ÜK 2017] geprüft worden sind unterliegen dem Bestandsschutz und müssen nicht alle Anforderungen der [TLP ÜK 2017] erfüllen.

Anprallheftigkeitsstufe	Indexwerte		
A	$ASI \leq 1,0$	Und	THIV ≤ 33 km/h PHD ≤ 20 g*
B	$ASI \leq 1,4$		
C	$ASI \leq 1,9$		
* nach DIN EN 1317-2:1998 + A1:2006			

Tab. 2-3: Anprallheftigkeitsstufen

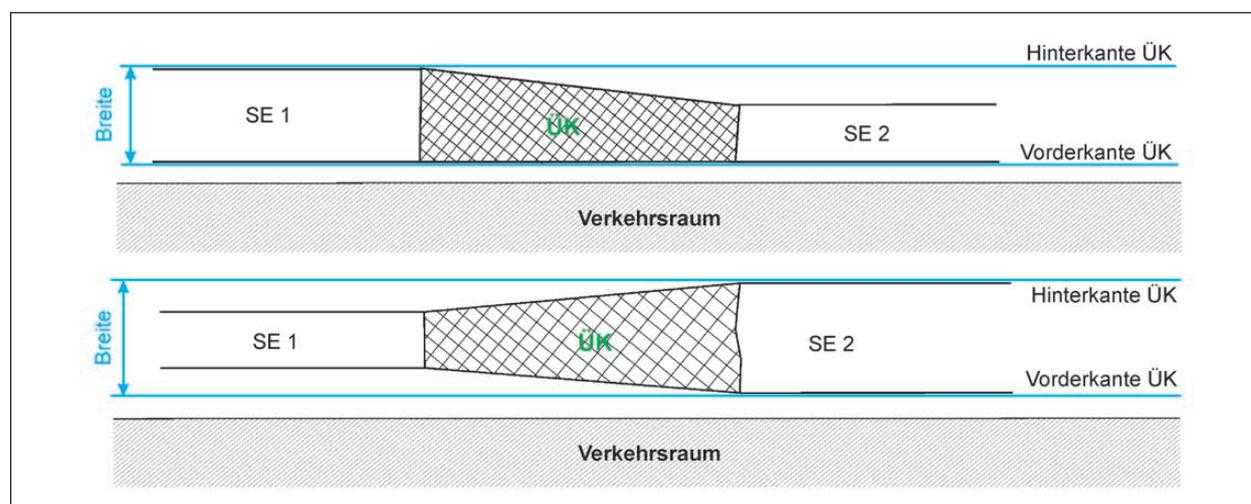


Bild 2-3: Schematische Darstellung einer Übergangskonstruktion gemäß [TLP ÜK 2017]

c) Anfangs- und Endkonstruktionen

Die Anforderungen an die Prüfung von Anfangs- und Endkonstruktionen (Bild 2-4) legt der Teil 4 der [DIN EN 1317] fest.

Für die Bewertung des Fahrzeug- und Systemverhaltens gelten nahezu die gleichen Kriterien wie für längsgerichtete Schutzeinrichtungen. Davon ab-

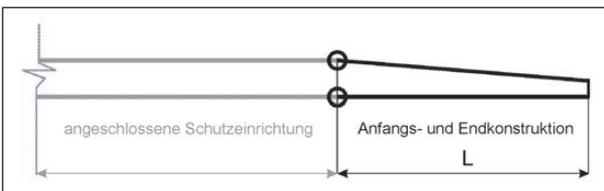


Bild 2-4: Schematische Darstellung einer Anfangs- und Endkonstruktion – Seitenansicht

weichend werden Anprallprüfungen an Anfangs- und Endkonstruktionen ausschließlich mit Pkw durchgeführt. Zum Nachweis einer Leistungsklasse sind meistens mehrere Prüfungen mit unterschiedlichen Anfahrwegen und Anprallparametern wie in Tabelle 2-4 erforderlich. Es sind nur Anfangs- und Endkonstruktionen mit den Anprallheftigkeitsstufen A und B zugelassen (Tabelle 2-5), wobei der THIV bei den Anfahrwegen 4 und 5 auch höher sein darf (≤ 44 km/h).

Für Anfangs- und Endkonstruktionen wird kein Wert für den Wirkungsbereich ermittelt, sondern es wird, je nach Auslenkung der Anfangs- und Endkonstruktion an der Verkehr zugewandten Seite (D_a) und an der Verkehr abgewandten Seite (D_d), die Klasse der dauerhaft seitlichen Auslenkung (Tabelle 2-6) angegeben.

Leistungs-klassen	Einsatzort		Prüfungen				
			Prüfungs-bezeichnung	Anfahrweg ^{a)}	Anfahrweg Nr.	Fahrzeug-masse [kg]	Geschwindig-keit [km/h]
P1	A		TT 2.1.80	frontal, 1/4 versetzt zur Fahrbahnseite	2	900	80
P2	A	U	TT 2.1.80	frontal, 1/4 versetzt zur Fahrbahnseite	2	900	80
			TT 4.2.80	seitlicher Anprall; 15°, 2/3 L	4	1.300	80
			TT 5.1.80	seitlicher Anprall; 165°, 1/2 L	5	900	80
P3	A	U	TT 2.1.100	frontal, 1/4 versetzt zur Fahrbahnseite	2	900	100
			TT 1.2.100	frontal mittig	1	1.300	100
		D	TT 4.2.100	seitlicher Anprall; 15°, 2/3 L	4	1.300	100
			TT 5.1.100	seitlicher Anprall; 165°, 1/2 L	5	900	100
P4	A	U	TT 2.1.100	frontal, 1/4 versetzt zur Fahrbahnseite	2	900	100
			TT 1.3.110	frontal mittig	1	1.500	110
		D	TT 4.3.110	seitlicher Anprall; 15°, 2/3 L	1	1.500	110
			TT 5.1.100	seitlicher Anprall; 165°, 1/2 L	5	900	100

^{a)} Die Bezeichnung der Prüfung ist wie folgt:
 TT Prüfung der Anfangs- und Endkonstruktion
 1 Anfahrweg
 2 Masse des Prüffahrzeugs
 100 Anprallgeschwindigkeit

Tab. 2-4: Leistungsklassen für Anfangs- und Endkonstruktionen nach [DIN V ENV 1317-4]

Anprallheftigkeitsstufe	Indexwerte		
A	ASI $\leq 1,0$	THIV ≤ 44 km/h in Prüfung 1 und 2 THIV ≤ 33 km/h in Prüfung 4 und 5	PHD ≤ 20 g*
B	ASI $\leq 1,4$	THIV ≤ 44 km/h in Prüfung 1 und 2 THIV ≤ 33 km/h in Prüfung 4 und 5	

* nach DIN EN 1317-2:1998 + A1:2006

Tab. 2-5: Werte für die Anprallheftigkeit bei Anfangs- und Endkonstruktionen nach [DIN V ENV 1317-4]

Klasse der dauerhaft seitlichen Auslenkung	seitliche Auslenkung [m]	
x1	D _a	0,5
x2		1,5
x3		3
y1	D _d	1
y2		2
y3		3,5
y4		> 3,5

Tab. 2-6: Klassen für die dauerhaft seitliche Auslenkung nach [DIN V ENV 1317-4]

Klassen von Z	Anfahrseite Z _a [m]	Abprallseite Z _d [m]
Z ₁	4	4
Z ₂	6	6
Z ₃	4	keine Begrenzung
Z ₄	6	keine Begrenzung

Tab. 2-7: Klassen von Anfangs- und Endkonstruktionen und Abstände Z_a und Z_d nach [DIN V ENV 1317-4]

Das Prüffahrzeug darf sich nach dem Abprall wie bei längsgerichteten Schutzeinrichtungen und Übergangskonstruktionen nicht nur in einem bestimmten Abprallbereich bewegen, dieser wird zusätzlich je nachdem wo das Fahrzeug sich hin bewegt in die Klassen Z₁ – Z₄ des Abprallbereiches gemäß Tabelle 2-7 eingeteilt.

2.1.1 Simulation von dynamischen Anprallvorgängen

Fahrzeug-Rückhaltesysteme müssen gemäß [DIN EN 1317] in realen Anprallversuchen geprüft werden. Die auf europäischer Ebene geforderten Anprallprüfungen sind aufgrund der nicht zerstörungsfreien Prüfmethode sowohl zeit- als auch kostenintensiv. Alternative Untersuchungsmethoden wie z. B. die numerische Simulation bieten die Möglichkeit, reale Anprallprüfungen an Fahrzeug-Rückhaltesystemen zu ergänzen bzw. deren Anzahl zu reduzieren.

Eingesetzt werden kann das Verfahren der Simulation z. B. bei der Entwicklung von Fahrzeug-Rückhaltesystemen, bei Modifikationen oder bei der Beantwortung von komplexen wissenschaftlichen Fragestellungen, die ausschließlich mit umfangreichen Parameterstudien und zahlreichen Anprallprüfungen beantwortet werden könnten. Dabei können die

Prüfbedingungen für Forschungszwecke auch von denen in der [DIN EN 1317] festgelegten Testkonfigurationen abweichen. Die Parameter in den Simulationsmodellen können gezielt und vergleichsweise einfach geändert werden. Parameteruntersuchungen mit realen Anprallprüfungen auf einem Testgelände bedeuten eine große Versuchsanzahl und erzeugen damit hohe Kosten.

Der Einsatz der numerischen Simulation im Rahmen des Zertifizierungsprozesses gemäß Anhang A.6 der [DIN EN 1317-5] ist derzeit auf die Beurteilung von Modifikationen von Fahrzeug-Rückhaltesystemen beschränkt. Dazu gehört auch die Beurteilung von Modifikationen bei Übergangskonstruktionen (z. B. Verwendung einer anderen angeschlossenen Schutzeinrichtung als in der Anprallprüfung) im Rahmen von Begutachtungen. Die Entscheidung, ob eine Modifikation auf Basis von Simulationsberechnungen bewertet werden kann, trifft die Zertifizierungsstelle auf Grundlage unterschiedlicher in Anhang A der [DIN EN 1317] festgelegter Kategorien von Modifikationen. Auch die [TLP ÜK 2017] verweist bei Modifikationen hierauf.

Um die aufgezeigten Vorteile der Simulation zu nutzen, müssen im ersten Schritt Zweifel an den Simulationsmodellen ausgeräumt, Vertrauen in die Simulationsergebnisse aufgebaut und die Übereinstimmung mit der Realität durch Validierungsanforderungen sichergestellt werden. Da die vereinfachte Modellierung und die verwendeten expliziten Gleichungslöser bei der Ermittlung der Simulationsergebnisse immer nur Näherungsverfahren darstellen können, ist neben der umfangreichen Validierung der Simulationsmodelle sowie der Plausibilitätsprüfung auch eine Überprüfung der numerischen Stabilität (Verifizierung) unabdingbar.

Die Validierung der Simulationsmodelle für Anprallprüfungen an Fahrzeug-Rückhaltesystemen erfolgt gemäß [DIN CEN/TR 16303:2012]. Während die Teile 1 bis 3 dieser technischen Regel allgemeine Vorgaben bzw. empfehlenden Charakter für Teilmodelle und Komponentenprüfungen besitzen, beinhaltet der Teil 4 verbindliche qualitative und quantitative Validierungsanforderungen für die Simulationsmodelle.

Die hier verwendeten Modelle erfüllen noch nicht alle Validierungsanforderungen gemäß [DIN CEN/TR 16303:2012] und können somit nicht für die Bewertung von Modifikationen im Rahmen der Zertifizierung verwendet werden.



Bild 2-5: Reale und simulierte Anprallprüfung im Vergleich (TB 42 mit einem 10t-Lkw an eine EDSP 2.0 in verkürzter Aufbauhöhe)

zierung eingesetzt werden. Sie können jedoch theoretische Überlegungen hinsichtlich der Übertragung von Ergebnissen von Anprallversuchen stützen. Auf Basis des dokumentierten Validierungsstandes wurden sie für diesen Anwendungszweck als geeignet eingestuft.

Bild 2-5 zeigt exemplarisch auf der linken Seite eine reale Anprallprüfung mit dem TB 42 an eine Schutzeinrichtung und auf der rechten Seite die dazugehörige simulierte und validierte Anprallprüfung im Vergleich.

2.2 Praxisprobleme und Unfälle – Bedarf an Konstruktionen

2.2.1 Schutzeinrichtungen mit gelösten Pfosten beim Anprall

Erste Versuche Ende der 1990er Jahre der BAST an Schutzeinrichtungen für Mittelstreifenüberfahrten mit Steckpfosten zeigten bereits die Tendenz, dass sich Pfosten (oder Teile davon) im Anprallfall lösen könnten. Diese Tendenz zeigten vor allem zweiteilige Steckpfosten in Rohrhülsen. Im Jahr 2008 gab es zudem einen schweren Unfall, bei dem sich ein Pfosten einer Schutzeinrichtung in einer Mittelstreifenüberfahrt gelöst hat und in einen PKW eingeschlagen ist. Eine daraufhin vom Bundesverkehrsministerium eingeleitete Überprüfung in den Bundesländern zeigte, dass es insbesondere bei Schutzeinrichtungen in Mittelstreifenüberfahrten öfter zum (Teil-)Lösen von Pfosten im Anprallfall und damit zu einer Gefährdung für unbeteiligte Dritte kommen kann. Um das Lösen der Pfosten zu vermeiden, sollten die Schutzeinrichtungen mit Steck-

pfosten dahingehend modifiziert werden, dass sich möglicherweise lösende Pfosten keine Gefährdung für Dritte mehr darstellen (zusätzliche Befestigung). In Anprallversuchen sollte nachgewiesen werden, dass die Modifikationen dazu führen, dass die Schutzeinrichtungen im Fall eines Anpralls funktionieren und sich keine Teile mehr vollständig vom System lösen. Als andere Variante war geplant, bei Mittelstreifenüberfahrten ebenfalls (durch den Asphalt) gerammte Pfosten zu verwenden. Es sollte geprüft werden, ob das Verhalten der Schutzeinrichtung beim Anprall durch die veränderte Einspannung verbessert werden kann.

Dazu sollten folgende Anprallversuche durchgeführt werden:

- EDSP mit durch den Asphalt gerammten Pfosten,
- EDSP mit Steckpfosten in Rohrhülsen und Sicherung gegen gelöste Teile,
- DDSP mit Steckpfosten in Rohrhülsen mit Sicherung gegen das vollständige Lösen der Pfosten (Mittelstreifenüberfahrt).

2.2.2 Übergangskonstruktion nach [ARS 17/1996]

Die [RPS 1989] enthielten sowohl Schutzeinrichtungen aus Stahl als auch aus Beton, jedoch keine Übergangskonstruktionen zur Verbindung dieser Schutzeinrichtungen. Dies wurde mit dem allgemeinen Rundschreiben Straßenbau [ARS 17/1996] geregelt, in dem Zeichnungen zur Verfügung gestellt wurden, welche die Verbindung zwischen



Bild 2-6: Aufbau des Orientierungsversuchs an der Übergangskonstruktion nach [ARS 17/1996]



Bild 2-7: Übergangskonstruktion nach Prüfung TB 42 (Orientierungsversuch)

Stahlschutzplanken und Betonschutzwänden verdeutlichen. Da es zum damaligen Zeitpunkt keine Norm für Anprallprüfungen an Übergangskonstruktionen und keine Erfahrungen zu deren Verhalten im Anprallfall gab, wurden 1997 zwei Anprallversuche (TB 11 und TB 42) an dieser Übergangskonstruktion durchgeführt. Zur Vereinfachung der Versuchsdurchführung wurde u. a. der Ortbetonanteil im Bereich der Übergangskonstruktion durch ein Betonschutzwandfertigteil ersetzt und es wurden Maßnahmen (bspw. Hinterfüllung) ergriffen, um eine unnachgiebige Wand abzubilden (siehe Bild 2-6). Diese sogenannten Orientierungsversuche (Bild 7) basierten weitestgehend auf Normentwürfen und dienten hauptsächlich als Orientierung bei der Erarbeitung von Regelwerken und Prüfvorschriften. Die Versuche zeigten, dass die Fahrzeuge von der Übergangskonstruktion aufgehalten wurden.

In den Zeichnungen der Übergangskonstruktion gemäß [ARS 17/1996] waren keine näheren Angaben zur Ausführung oder zu konstruktiven Details vorhanden. Aufgrund dessen und aufgrund der gerin-



Bild 2-8: Unfall an Übergangskonstruktion nach [ARS 17/1996] in NRW; Quelle: Straßen.NRW

gen Erfahrungen erfolgte die Ausführung damals oft sehr unterschiedlich (z. B. hinsichtlich Lage und Ausführung der Bewehrung im Betonanteil der Übergangskonstruktion). Diese nicht fachgerechten Ausführungen wurden u. a. nach Unfällen, wie in Bild 2-8 und Bild 2-9 zu sehen, festgestellt. So wur-

de bspw. das Betonfertigteil vollständig vom Rest der Betonschutzwand aufgrund eines Anpralls mit einem Pkw getrennt. Dieses Verhalten wich erheblich von dem in den Orientierungsversuchen ab und wurde u. a. auf die fehlende Einbindung der Bewehrung zurückgeführt.

Weitere Überprüfungen vorhandener Übergangskonstruktionen insbesondere in NRW zeigten, dass



Bild 2-9: Verschiebung des Betonfertigteils infolge eines Durchbruchs; Quelle: Straßen.NRW

die Ausführung der Übergangskonstruktion häufig analog zu der war, wie bei dem Unfall in Bild 2-8 dargestellt. Diese Stellen sollten in NRW schnell saniert werden. Hierzu wurde von Straßen.NRW ein Anprallversuch an einer ersten Sanierungslösung beauftragt. Die Sanierung sah vor, einen 2,35 m langen Holm außen über die Schwachstelle des Betonanteils zu legen, um die Zugbandwirkung bei fehlender Einbindung der Bewehrung herzustellen. Der durchgeführte TB 42-Versuch verlief negativ (Bild 2-12).

Eine Analyse dieses ersten Sanierungsversuchs, der Ergebnisse der Orientierungsversuche (siehe Bild 2-7) an der Übergangskonstruktion nach [ARS 17/1996] und der Schadensbilder aus verschiedenen Unfällen, zeigte diverse Schwachstellen (siehe Bild 2-10 bis Bild 2-12) an der Übergangskonstruktion.



Bild 2-11: Schwachstelle 1 der Übergangskonstruktion aufgrund des 1. Sanierungsversuchs von Straßen.NRW; Quelle: DEKRA/BAST

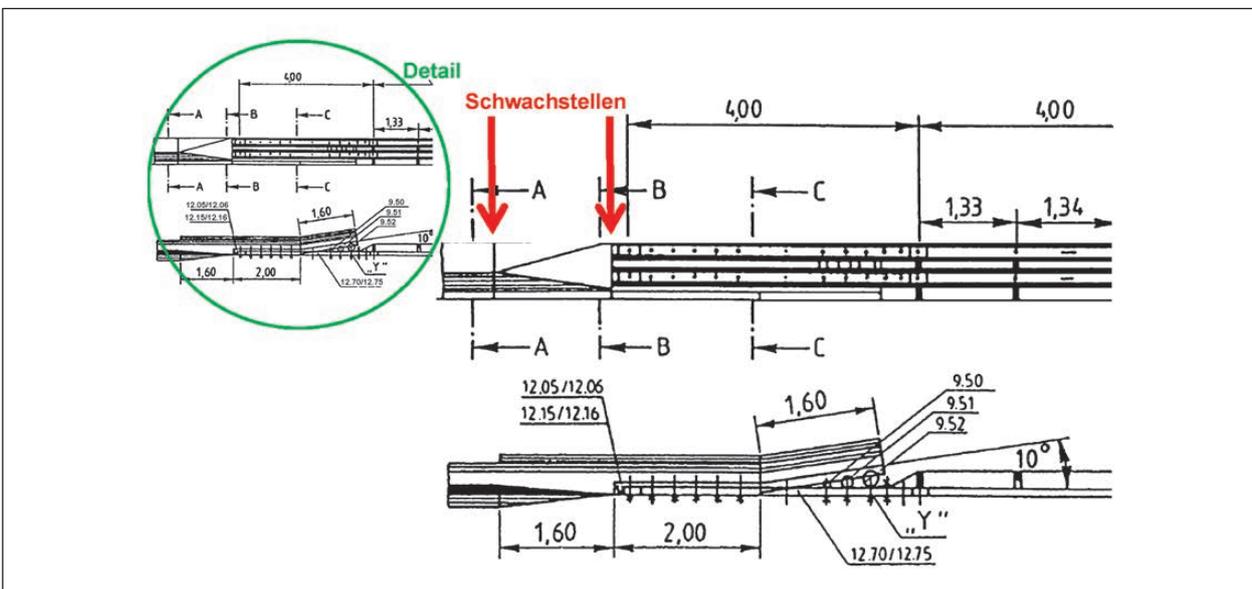


Bild 2-10: Schwachstellen der Übergangskonstruktion gemäß [ARS 17/1996]



Bild 2-12: Schwachstelle 2 der Übergangskonstruktion aufgrund des 1. Sanierungsversuchs von Straßen.NRW; Quelle: DEKRA/BAST

Die Bilder machen deutlich, dass vor allem die Verbindungsstelle zwischen der Ortbetonschutzwand und dem Betonfertigteil aufgrund des sehr kurzen Verbindungsholms sowie die Anbindung an die Stahlschutzeinrichtung Schwachstellen sind und die Kräfte im Anprallfall nicht übertragen werden können.

Um die Schwachstellen zu beseitigen und somit die Aufhaltbarkeit wieder herzustellen, war eine Sanierungslösung zur Nachrüstung nicht fachgerecht ausgeführter Übergangskonstruktionen nach [ARS 17/1996] und zur Reparatur nach Unfallschäden zu entwickeln und nach [DIN V ENV 1317-4] zu prüfen.

2.2.3 Ortbetonschutzwände mit offenen Fugen und geschädigter Bewehrung

Bei der Herstellung von Ortbetonschutzwänden werden gemäß [ZTV-PS 98] und [ZTV FRS 2017] in einem Abstand von 4 bis 6 m sog. Scheinfugen mit einer Tiefe von ca. 2 cm geschnitten, um Betonspannungen während des Abbinde- und Erhärtungsvorgangs und das Schwinden des Betons gezielt an diesen Stellen abzubauen und dadurch den Verlauf möglicher auftretender Risse im Beton durch die absichtliche Schwächung des Querschnitts vorzugeben. Die Scheinfugen werden bei Betonschutzwänden in Ortbetonbauweise mit nicht korrosionsgeschützter Bewehrung mit Fugenfüllstoffen abgedichtet und so gegen eindringendes Wasser geschützt.

Im Bereich dieser Scheinfugen sowie im Bereich unplanmäßiger Risse hat sich bei Stichprobenuntersuchungen von Straßen.NRW gezeigt, dass bei vorhandenen Betonschutzwänden in Ortbetonbauweise die Fugenverfüllung oft porös oder teilweise zerstört und auch unplanmäßige Risse au-



Bild 2-13: Poröser Fugenfüllstoff



Bild 2-14: Abplatzungen im Bereich der Scheinfuge

ßerhalb der Scheinfugen vorhanden sind (Bild 2-13 bis Bild 2-18). Bei mehreren Ortbetonschutzwänden wurden daraufhin weitergehende Untersuchungen durchgeführt. Dazu wurden aus verschiedenen Ortbetonschutzwänden unterschiedlichen Alters, mehrere Bohrkerne gezogen und eingehend analysiert. Dabei ist ein hoher Grad der Schädigung der Bewehrung festgestellt worden, wobei die Bewehrung in einigen Fällen vollständig korrodiert war. Infolge der korrodierten Bewehrung kam es zu Volumenausdehnungen, die zum Teil zu Zerstörungen der Ortbetonschutzwände (bspw. Abplatzungen) führten, was sich wiederum beschleunigend auf den Korrosionsprozess auswirkte.



Bild 2-15: Außerplanmäßige Rissbildung



Bild 2-16: Rissbildungen außerhalb der Scheinfugen

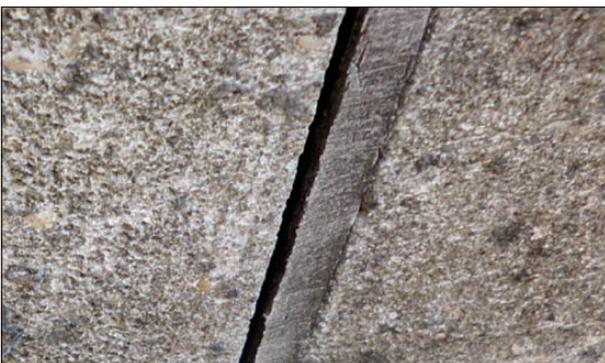


Bild 2-17: Offene Fuge (Quelle: Straßen.NRW)

Ursache für die festgestellten Korrosionserscheinungen sind die über defekte, undichte Fugen sowie Risse eindringenden Tausalze (Chloride). Durch die korrodierte Bewehrung im Bereich der Scheinfugen und Risse werden die Ortbetonschutzwände erheblich geschwächt und es ist anzunehmen, dass die erwartete und im Neuzustand nachgewiesene Aufhaltefähigkeit, wofür die Längsbewehrung u. a. maßgebend ist, bei einem Anprall nicht mehr zu erreichen ist.



Bild 2-18: Korrodierte Bewehrung (Quelle: Straßen.NRW)

Um einen vollständigen Austausch der Wände vermeiden zu können, der u. a. zu baustellenbedingten Verkehrsbeeinträchtigungen von längerer Dauer führen würde, sollte eine nachträgliche Ertüchtigung erfolgen. Insbesondere bei neueren Wänden, die geöffnete Fugen aufweisen, deren Korrosionsgrad aber nicht bekannt ist, erscheint eine nachträgliche Verstärkung zielführend. Ziel war es, eine Sanierungslösung für eine nachträgliche Ertüchtigung zu entwickeln, und diese nach [DIN EN 1317] zu prüfen, um die Aufhaltefähigkeit für einen 13-Tonnen Busanprall bei den betroffenen Ortbetonschutzwänden wieder herzustellen.

2.2.4 Fehlende Lösungen für die Praxis

Die ESP 2.0 wird in der Aufhaltestufe N2 als positiv geprüfte Schutzeinrichtung mit einem Wirkungsbereich von W4 gemäß [RPS 2009] häufig auf Landstraßen eingesetzt. Zur Ermittlung des Wirkungsbereiches bei der Aufhaltestufe N2 wird die Prüfung TB 32 (siehe Bild 2-2) herangezogen. Die Prüfung TB 32 wird mit einem 1,5 t schweren Pkw mit einer Geschwindigkeit von 110 km/h unter einem Winkel von 20° durchgeführt.

Die ESP 2.0 steht im Bestand oft an Stellen, an denen sich die Hindernisse im Wirkungsbereich befinden, da diese Werte früher nicht ermittelt und in den [RPS 1989] in der Form nicht berücksichtigt wurden.

Mit einem Wirkungsbereich von W4 kann die ESP 2.0 bspw. vor Bäumen heute jedoch nicht mehr RPS 2009-konform verwendet werden, da der Platz neben der Fahrbahn oftmals nicht ausreichend ist und die Bäume somit innerhalb des Wirkungsbereichs



Bild 2-19: Baumallee mit rechtsseitig errichteter ESP



Bild 2-21: Wirtschaftsweg (Quelle: IT-ZEB Server)



Bild 2-20: Einmündung (Quelle: IT-ZEB Server)



Bild 2-22: Notrufsäule mit ESP abgesichert

ches stehen würden (Bild 2-19). Es stellte sich die Frage, ob aufgrund der Hindernisse im Wirkungsbereich eine maßgebliche Beeinträchtigung der Wirkungsweise der Schutzeinrichtung zu erwarten ist und daraus langfristig gesehen ein Umrüstungsbedarf im Bestand abgeleitet werden könnte. Die RPS 2009 sieht an diesen Stellen als niedrigste Aufhaltestufe die Stufe N2 (1,5t-Pkw, 20°, 110 km/h) vor. In der DIN EN 1317 gibt es aber noch die geringere Aufhaltestufe N1, bei der ein 1,5t-Pkw mit 20° aber nur mit 80 km/h anprallt. Dieser Versuch sollte herangezogen werden, um zu überprüfen, ob bei einer niedrigeren Anprallgeschwindigkeit von 80 km/h von einem geringeren Wirkungsbereich ausgegangen werden kann.

Mit einem TB 31-Versuch an einer ESP 2.0 sollte dementsprechend je nach Ergebnis nachgewiesen werden, dass diese auch bei beengten bzw. begrenzten Platzverhältnissen im Bestand erhalten bleiben könnte.

Gemäß [RPS 2009] müssen „Schutzeinrichtungen [...] eine bestimmte Mindestlänge aufweisen, damit sich ihre Wirkung einstellen kann.“ Die Mindestlänge ist gleich der Prüflänge in der Anprallprüfung nach [DIN EN 1317]. Vor allem im Bereich von Landstraßen ist die Einhaltung dieser Mindestlänge oftmals aufgrund von Kreuzungen oder Einmündungen z. B. in Form von Wald- und Wirtschaftswegen (Bild 2-20 und Bild 2-21) nicht möglich. Die für den Einsatz vorhandenen Schutzeinrichtungen haben aufgrund ihrer Prüflänge eine für diese entsprechenden Situationen zu große Mindestlänge. Der Einsatz dieser Schutzeinrichtungen mit einer kürzeren Länge ist momentan nicht durch geprüfte Systeme abgedeckt, sodass geprüfte Systeme mit kürzeren Längen in der Praxis benötigt werden.

Auch Hindernisse müssen, sofern der Nachweis nach [DIN EN 12767], dass es sich um ein umfahrbares/abscherbares Hindernis handelt, nicht erbracht wurde, gemäß [RPS 2009] mit Schutzeinrichtungen abgesichert werden (Bild 2-25). Dies ist bspw. vor Notrufsäulen der Fall. Die Errichtung der geforderten Mindestlänge ist auch hier oft nicht möglich (Bild 2-22). Als weitere Anforderung kommt hinzu, dass Notrufsäulen erreichbar sein sollen. In den [Einsatzempfehlungen für Fahrzeug-Rückhaltesysteme] wird daher vorgeschlagen, vor der Not-

rufsäule (Hindernis) eine 40 m lange ESP 2.0 mit jeweils einer 12m-AEK einzusetzen (Bild 2-23). Dies beruht auf der Lösung aus den [RPS 1989]. Doch auch diese Lösungsmöglichkeit ist bisher nicht durch Anprallprüfungen gesichert worden. Daher besteht auch hier Untersuchungsbedarf.

Das gleiche gilt auch auf kurzen Brücken (Bild 2-24), denn diese werden bei einer Länge unter 10 m gemäß [RPS 2009] wie ein Fahrbahnrand behandelt und sind dementsprechend oftmals mit Schutzeinrichtungen der Aufhaltstufe N2 abzusichern (Bild 2-25). In Deutschland sind jedoch keine geprüften und einsetzbaren Systeme bekannt, die

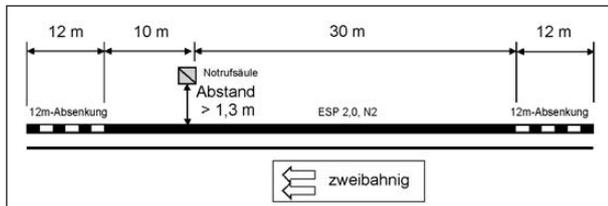


Bild 2-23: Schutzeinrichtungen vor einer Notrufsäule bei zweibahnigen Straßen (Quelle: [Einsatzempfehlungen für Fahrzeug-Rückhaltesysteme])



Bild 2-24: Kurze Brücke (Quelle: IT-ZEB Server)

diesen Bereich hinsichtlich der Aufhaltstufe und Länge abdecken. Ziel war die Entwicklung eines dafür benötigten Bauwerksystems und dieses nach [DIN EN 1317] zu prüfen.

2.2.5 Fehlende Anprallversuche an Standard-ÜK und verlängerte Absenkung

Übergangskonstruktionen sind mechanische Verbindungen zwischen Schutzeinrichtungen verschiedener Bauart und/oder verschiedener Funktionsweise und sind gemäß [RPS 2009] nach [DIN V ENV 1317-4] zu prüfen.

Da für die Verbindung der Standardschutzeinrichtungen ESP und EDSP bisher keine geprüften Übergangskonstruktionen vorhanden sind, sollten diese dementsprechend geprüft werden.

Am häufigsten werden Schutzeinrichtungen mit einem Pfostenabstand von 2,0 m eingesetzt. Da jedoch auch die ESP 4.0 verwendet wird, soll eine Übergangskonstruktion zwischen ESP 4.0 und EDSP 2.0 nach [DIN V ENV 1317-4] geprüft werden. Für den Übergang ESP 2.0 auf EDSP 2.0 ist im Nachgang zu überprüfen, ob die erzielten Prüfergebnisse übertragen werden können, unterstützt durch Simulation.

Für den Einsatz von Anfangs- und Endkonstruktionen (Tabelle 2-8) wird in den [RPS 2009] bei einbahnigen Straßen mindestens die Leistungsklasse

Art der Straße	Leistungsklasse
einbahnig	mindestens P2 A
zweibahnig	mindestens P2 U

A: Anfangs- und Endkonstruktion in beide Fahrrichtungen wirkend
 U: Anfangs- und Endkonstruktion in Fahrtrichtung wirkend

Tab. 2-8: Auszug aus [RPS 2009]: Tabelle 2: Leistungsklassen für Anfangs- und Endkonstruktionen gemäß der [DIN V ENV 1317-4]

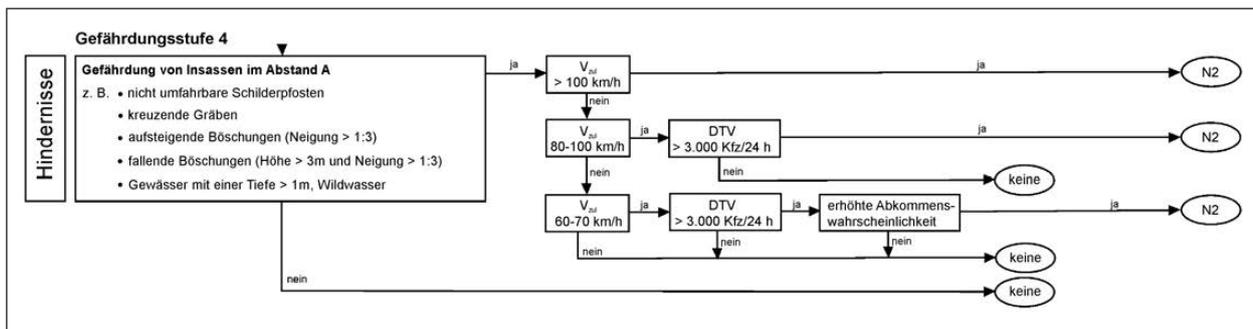


Bild 2-25: Einsatzkriterien für Schutzeinrichtungen am äußeren Fahrbahnrand (Auszug [RPS 2009])

P2A und bei zweibahnigen Straßen die Leistungs-klasse P2U gefordert.

Die BAST hat bereits 2 Anprallversuche (TT 2.1.80 und TT 4.2.80) an der 12m-Regelabsenkung (Bild 2-26) zur Erreichung der Leistungs-klasse P2U erfolgreich in den Jahren 1996 und 2001 durchgeführt (KLÖCKNER & FLEISCH). Die Anprallgeschwindigkeit in diesen beiden Versuchen war jeweils 80 km/h. Für den Anprall von Anfangs- und Endkonstruktionen mit höheren Geschwindigkeiten lagen bisher keine Erfahrungen vor. Zur Erhöhung der Verkehrssicherheit sollte es auch geprüfte Lösun-

gen für Bereiche geben, wo höhere Geschwindigkeiten gefahren werden, um bei einer Fortschreibung der RPS hier gewonnene Erfahrungen nutzen zu können.

Aus diesem Grund sollte eine Prüfung mit 100 km/h an eine Absenkung erfolgen. Da davon auszugehen war, dass die 12m-Regelabsenkung am Rande ihrer Leistungsfähigkeit ist, sollte diese um 4 m verlängert werden, sodass eine 16m-Absenkung entsteht. Es sollte zunächst die Prüfung TT 2.1.100 durchgeführt werden (Tabelle 2-9), die als der kritischste Fall angesehen wird.

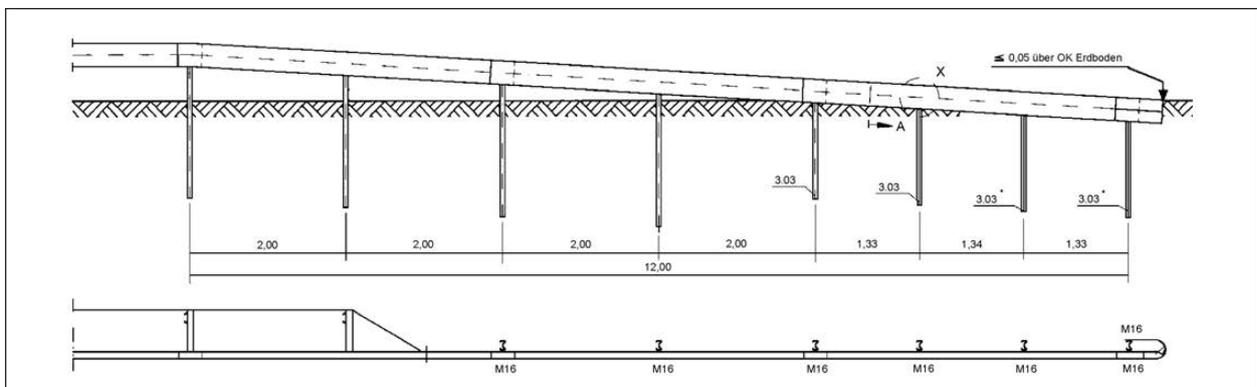


Bild 2-26: 12m-Regelabsenkung (EDSP) aus [RAL-RG 620]

Leistungs-klassen	Einsatzort		Prüfungen				
			Prüfungs-bezeichnung	Anfahrweg*	Anfahrweg Nr.	Fahrzeug-masse [kg]	Geschwindig-keit [km/h]
P1	A		TT 2.1.80	frontal, 1/4 versetzt zur Fahrbahnseite	2	900	80
P2	A	U	TT 2.1.80	frontal, 1/4 versetzt zur Fahrbahnseite	2	900	80
		D	TT 4.2.80	seitlicher Anprall; 15°, 2/3 L	4	1.300	80
			TT 5.1.80	seitlicher Anprall; 165°, 1/2 L	5	900	80
P3	A	U	TT 2.1.100	frontal, 1/4 versetzt zur Fahrbahnseite	2	900	100
			TT 1.2.100	frontal mittig	1	1.300	100
		D	TT 4.2.100	seitlicher Anprall; 15°, 2/3 L	4	1.300	100
			TT 5.1.100	seitlicher Anprall; 165°, 1/2 L	5	900	100
P4	A	U	TT 2.1.100	frontal, 1/4 versetzt zur Fahrbahnseite	2	900	100
			TT 1.3.110	frontal mittig	1	1.500	110
		D	TT 4.3.110	seitlicher Anprall; 15°, 2/3 L	1	1.500	110
			TT 5.1.100	seitlicher Anprall; 165°, 1/2 L	5	900	100

* Die Bezeichnung der Prüfung ist wie folgt:
 TT Prüfung der Anfangs- und Endkonstruktion
 1 Anfahrweg
 2 Masse des Prüffahrzeugs
 100 Anprallgeschwindigkeit

Tab. 2-9: Anfangs- und Endkonstruktionen: Kriterien für Anprallprüfungen und Leistungs-klassen

3 Versuchsprogramm

3.1 Untersuchte Systeme

Für die verschiedenen Aufgabenstellungen wie in Kapitel 2.2 beschrieben, wurden im Versuchszeitraum von 2008 bis 2014 insgesamt 19 Anprallprüfungen durchgeführt. An einem System (ÜK ESP 2,0 – EDSP 2,0) wurde eine Überprüfung der Übertragungen von Prüfergebnissen vorgenommen, ohne erneut reale Anprallprüfungen dafür durchzuführen. In Tabelle 3-1 ist eine Übersicht über die untersuchten Systeme mit den jeweils geprüften Leistungsklassen dargestellt.

Die Festlegung, welches System nach welcher Aufhaltstufe geprüft werden sollte, erfolgte aufgrund

der bereits vorliegenden Erfahrungen aus älteren Untersuchungen sowie aus Rückschlüssen aus den Einsatzbereichen nach [RPS 2009]. Je nach Ergebnis der einzelnen Untersuchungen wurde das Versuchsprogramm auf die erforderliche Zielstellung hin angepasst. Die tatsächlichen Anprallparameter und Ergebnisse sind in Kapitel 4 näher beschrieben.

Bis auf die Versuche 2010 7D 01 und 2010 7D 02, die im Rahmen eines durch die BASt beauftragten Einzelauftrags durchgeführt wurden, sind alle Anprallprüfungen im Rahmen der folgenden Forschungsprojekte durchgeführt worden:

- FE 03.413/2006/FRB „Prüfung und Einstufung von Fahrzeugrückhaltesystemen nach DIN EN

Fahrzeug-Rückhaltesystem	Versuchsnummer	Versuchstypen nach ([DIN EN 1317])	Geprüfte Leistungsklasse	Prüfinstitut
Sicherung gelöster Pfosten				
EDSP 2.0 (in Asphaltlöcher gerammte Pfosten)	2008 7D 19	TB 42	(H1)	DEKRA
EDSP 2.0 (Rohrhülsen und gesicherte Steckpfosten)	2008 7D 21 2008 7D 20	TB 11 TB 42	H1	
DDSP 4.0+ (Rohrhülsen und gesicherte Steckpfosten)	2008 7D 22	TB 32	(N2)	
EDSP 1.33 BW + mit Geländer (und Zusatzschraube)	2010 7D 01 2011 7D 03 2010 7D 02	TB 11 TB 42 TB 51	H1 H2	TÜV
Sanierung der Übergangskonstruktion nach ([ARS 17/1996])				
Sanierte ÜK nach ([ARS 17/1996]) (EDSP 2.0 B-Profil/doppelseitige BSWO Step)	2008 7G 03 2008 7G 04	TB 11 TB 42	H1	DEKRA
Sanierungslösung BSW O mit offenen Fugen und geschädigter Bewehrung				
Sanierungslösung BSWO	SH 14.37 SH 14.38	TB 11 TB 51	H2	DEKRA
FRS für typische Situationen und fehlende Systeme in der Praxis				
ESP 2.0 B-Profil	2009 7D 10	TB 31	(N1)	DEKRA
→ mit einer kürzeren Prüflänge				
kurzESP 2.0 B-Profil	2011 7D 01	TB 32	(N2)	TÜV
kurzEDSP 2.0 B-Profil	2011 7D 02	TB 42	(H1)	
kurzESP 2.0 BW B-Profil	2012 7D 01 2012 7D 02	TB 11 TB 32	N2	
→ ÜK für die Verbindung von Standardschutzeinrichtungen				
ÜK ESP 4.0 – EDSP 2.0	2009 7G 11 2009 7G 12	TB 11 TB 32	N2	DEKRA
ÜK ESP 2.0 – EDSP 2.0		TB 11 TB 32	(N2)	---
→ Absenkung (16 m) für EDSP 2.0				
AEK an EDSP 2.0	2011 7T 04	TT 2.1.100	---	TÜV

Tab. 3-1: Übersicht über das Versuchsprogramm

1317“ (durchgeführt von der DEKRA Automobil GmbH),

- FE 03.470/2011/CRB „Untersuchungen an Standardschutzeinrichtungen zur Vervollständigung der Leistungsmatrix“ (durchgeführt von der heutigen TÜV Süd Auto Service GmbH), und
- FE SV.0009/2014 „Anprallversuche zur Überprüfung von Sanierungslösungen für Beton-schutzwände in Ortbetonbauweise mit geschädigter Bewehrung“ (von der DEKRA Automobil GmbH durchgeführt).

3.2 Versuchsdurchführung

Die Durchführung der Versuche erfolgte nach den Vorgaben der [DIN EN 1317] bzw. wie in Kapitel 2.1.2 beschrieben. Die Anprallprüfungen wurden auf dem Prüfgelände der TÜV Süd Auto Service GmbH in München-Allach und auf dem Prüfgelände der DEKRA Automobil GmbH in Eggebek durchgeführt. In Tabelle 3-1 werden die Versuche dem jeweiligen Prüfinstitut zugeordnet.

3.2.1 Prüfgelände der TÜV Süd Auto Service GmbH

Das Prüfgelände umfasst insgesamt 4 Anlaufspuren sowie zwei mögliche Aufstellflächen für Fahrzeug-Rückhaltesysteme (Bild 3-1 und Bild 3-2). Die Spuren 1 und 3 sind für Versuche auf der Brückenkappe mit Kräftermessung vorgesehen (siehe dazu auch MAYER) und die Spuren 2 und 4 für Versuche mit geramnten Systemen und für frei aufgestellte Systeme. Abweichend davon wurde für die Versuche an der kurzESP 2.0 BW zwar die Anlaufspur 4

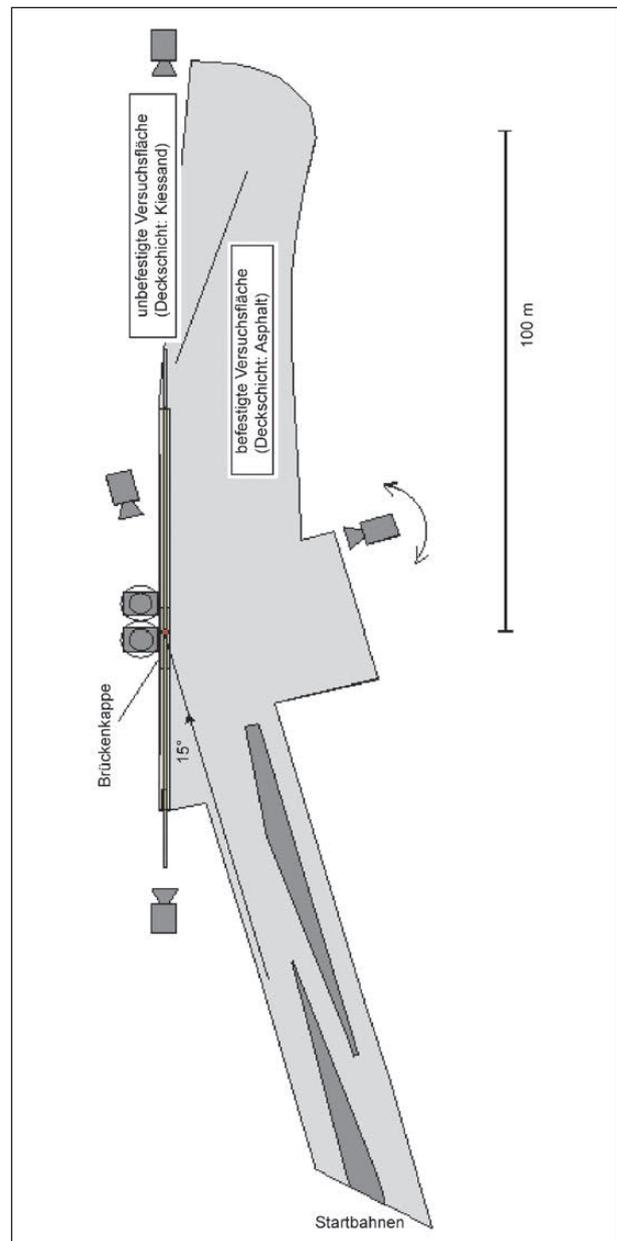


Bild 3-2: Skizze des Versuchsgeländes in München-Allach mit exemplarisch dargestelltem System

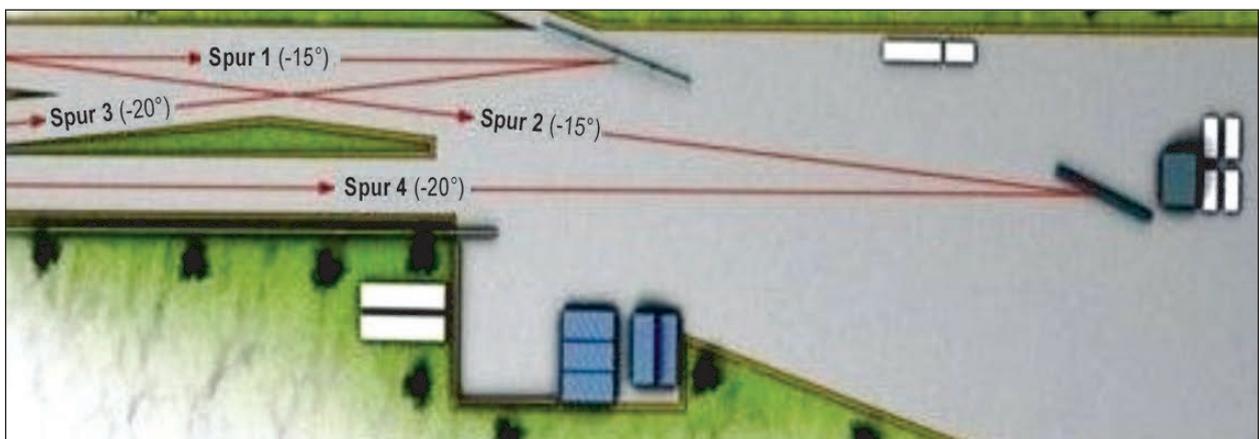


Bild 3-1: Anlaufspuren auf dem Versuchsgelände in München-Allach (Quelle: TÜV Süd)

benutzt, die Konstruktion selbst wurde jedoch auf einer Art Brückenkappe errichtet, indem Betonplatten eingelegt wurden. Kräftemessungen waren bei dieser kurzen Brückenkonstruktion nicht erforderlich. Für den Versuch an der 16m-Absenkung wurde im vorderen Bereich des Testgeländes die AEK aufgebaut und für den Anlauf ein zusätzliches Leitkabel verlegt.

Für die Durchführung der Anprallversuche an Fahrzeug-Rückhaltesystemen wird das vom TÜV Süd entwickelte Electronically Controlled Vehicle-Crash-System (ECV) [EVC 92], (ELLMERS) 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 (gemäß den Anlaufspuren 1 bis 4) oder über der Fahrbahn (siehe Versuch TT 2.1.100) 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 das Fahrzeug-Rückhaltesystem ist gemäß [DIN 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:

- 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 ist eine crashfeste „Onboard“-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.

3.2.2 Prüfgelände der DEKRA Automobil GmbH

Die Anlaufspuren auf dem Prüfgelände können individuell gestaltet werden, da eine optische Fahrzeugführung (OFF-System) zur Einhaltung der Anlaufspur verwendet wird. Dieses OFF-System regelt auch die Anprallgeschwindigkeit (MÜLLER, GRANDEL, RUF).

Zur Einhaltung der Anlaufspur wird ein weißer Strich (2 – 10 cm breit) auf schwarzem Untergrund auf dem Testgelände aufgebracht, welcher mittels einer am Fahrzeug angebrachten CCD (Charge Coupled Device)-Kamera (Bild 3-3) detektiert wird. Aus dem Kontrast hell/dunkel errechnet sich die Abweichung der Anfahrlinie. Aus dem Signal der Bildverarbeitung und dem Signal eines Gierratensensors im Fahrzeug werden die Querabweichung, die -geschwindigkeit und die -beschleunigung berechnet. Im Fahrzeug steuert ein elektronischer Lenkungsregler mit dem Regelverstärker ein hydraulisches Ventil und das wiederum einen Hydraulikzylinder an, wodurch der Lenkwinkel des Fahrzeugs bestimmt wird und der Anfahrweg somit korrigiert wer-

den kann. Kurz vor dem Anprallpunkt wird das OFF-System frei geschaltet, d. h. das Fahrzeug prallt an das Fahrzeug-Rückhaltesystem an, ohne äußere Beeinflussung während des Anprallvorgangs.

Auch beim OFF-System ermöglicht ein im Bremssystem installierter Bremszylinder die Funksteuerung der Bremse während des Anprallversuchs.

Der Versuch wird stets vom Leitrechner aus ferngesteuert. Es werden permanent Informationen wie Position oder Geschwindigkeit des Versuchsfahrzeugs übersandt, sodass im Falle eines Fehlers oder einer Störung der Versuch abgebrochen werden könnte.

Im Versuchszeitraum wurde das Prüfgelände auf die entgegengesetzte Seite des gesamten Areals verlegt, was jedoch keinen Einfluss hatte, da identische Bedingungen vorlagen. So gibt es eine befestigte Versuchsfläche aus Asphalt für frei aufgestellte Systeme und für gerammte Systeme eine vorbereitete Schneise (Bild 3-4).



Bild 3-3: Versuchsfahrzeug mit angebrachter Kamera

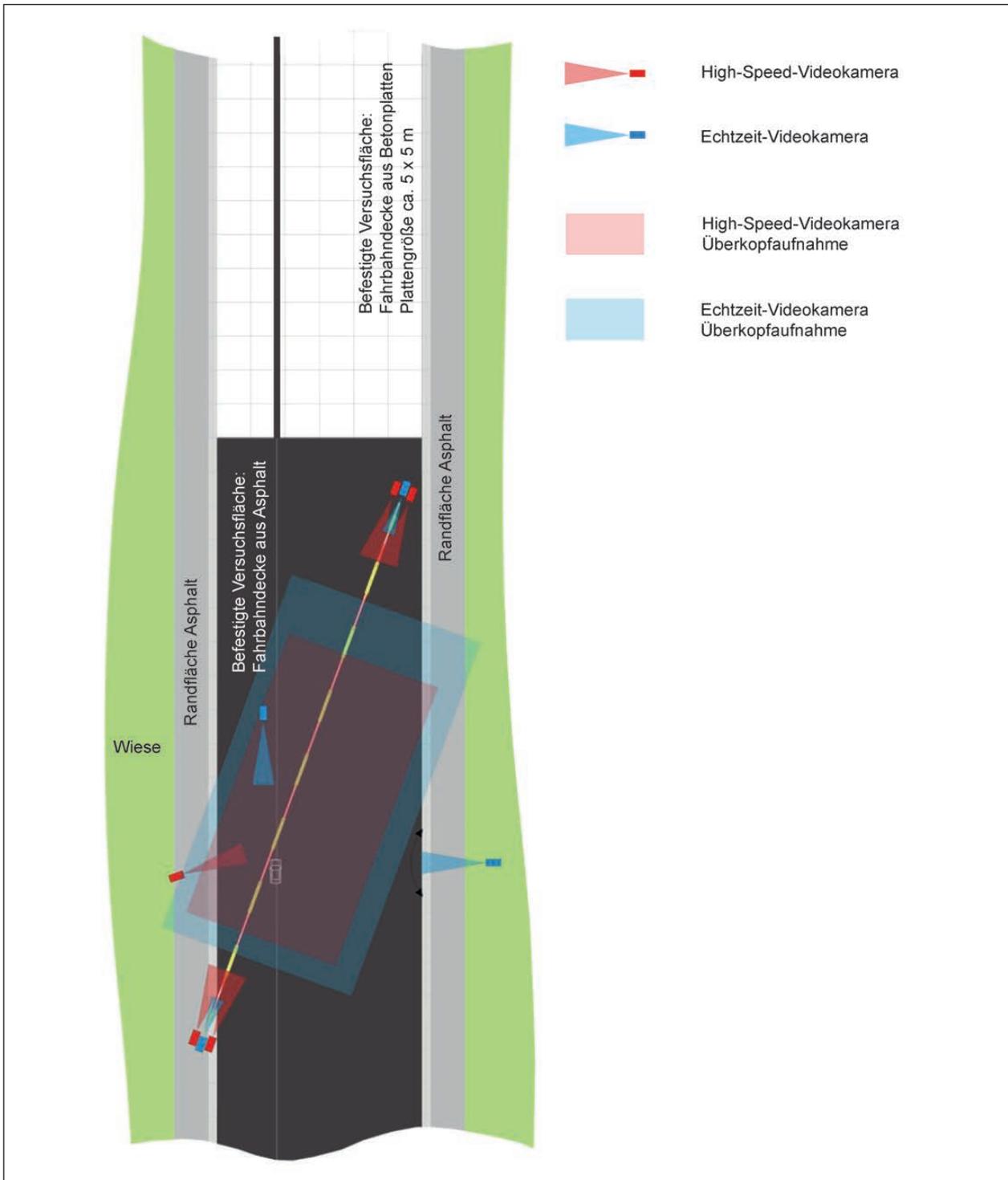


Bild 3-4: Skizze des Versuchsgeländes in Eggebek (Ausschnitt) mit exemplarisch dargestelltem System (Quelle: DEKRA)

4 Anprallprüfungen – Ergebnisse und Verwendung in der Praxis

4.1 Anprallversuche zur Bereitstel- lung von Nachrüstlösungen

4.1.1 Vermeidung gelöster Pfosten

a) Mittelstreifenüberfahrten Sanierungslösung „in Asphaltlöcher gerammte Pfosten“

Auf dem Prüfgelände wurde eine EDSP 2.0 im B-Profil (Bild 4-1) mit einer Länge von 60 m und jeweils einer 12m-Regelablenkung am Anfang und Ende aufgebaut. In den Asphalt wurden Löcher (\varnothing 130 mm) gebohrt und in diese wurde Sand bis ca. 10 cm unter Fahrbahnoberkante gefüllt. Anschließend wurden die Pfosten in die Asphaltlöcher gerammt und die restlichen ca. 10 cm der Löcher wurden bis zur Fahrbahnoberkante mit Kaltbitumen verschlossen.

EDSP 2.0 – Versuch 2008 7D 19

- Prüftyp TB 42 (15°, 70 km/h, 10 t)

Der Anprallversuch wurde mit einem Mercedes-Benz 1317 L mit einer Versuchsmasse von 9.750 kg und einer tatsächlichen Geschwindigkeit von 72,4 km/h durchgeführt (siehe Bild 4-2 bis Bild 4-8).

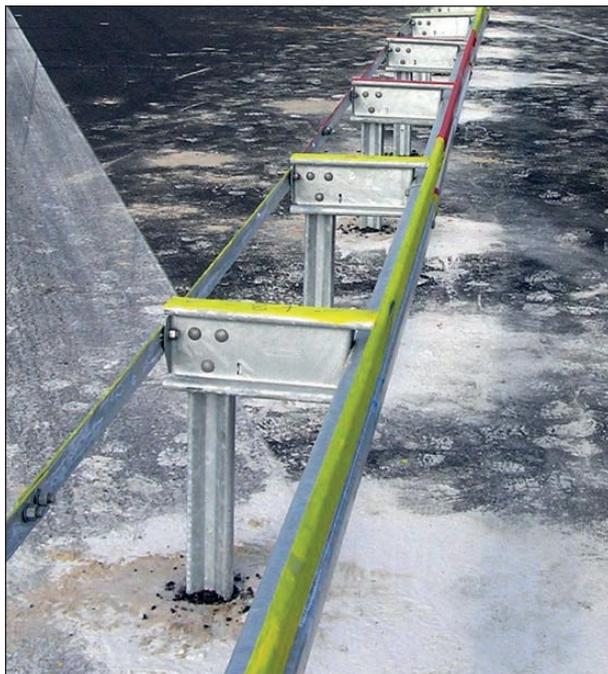


Bild 4-1: EDSP 2.0 mit in Asphaltlöcher gerammten Pfosten



Bild 4-2: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 0,020 s;
Quelle: DEKRA



Bild 4-3: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 0,236 s;
Quelle: DEKRA



Bild 4-4: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 0,504 s;
Quelle: DEKRA

Das Prüffahrzeug prallte bei rund 1/3 (0,13 m vor Elementübergang 5/6) an die Schutzeinrichtung an, fuhr nach etwa 8 m am Beginn des Elements 8 über den Holm und auch das rechte Vorderrad überquerte etwa bei Element 12 das System. Aufgrund des Überfahrens des Systems wurden die Anforderun-



Bild 4-5: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 0,824 s;
Quelle: DEKRA



Bild 4-6: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 1,148 s;
Quelle: DEKRA



Bild 4-7: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 1,604 s;
Quelle: DEKRA

gen der Norm 1317-2 mit der Aufhaltestufe H1 nicht erfüllt.

Gegenüber der gerammten EDSP 2.0 (siehe ELLMERS) ist beim TB 42-Anprall zu beobachten, dass die stärkere Fixierung der Pfosten an der Fahr- bahnoberkante einen deutlichen Einfluss auf das Systemverhalten hat. Während der Pfosten im normalen Bankett insgesamt eher mehr ausweichen kann und sich dadurch auch die Sollbruchstelle oben (Pfosten/Pfostenklau) eher löst, wird das Fahrzeug bei der normal gerammten Version besser umgelenkt und das System wird nicht überfahren (siehe Bild 4-9).



Bild 4-8: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 2,128 s;
Quelle: DEKRA



Bild 4-9: System nach dem Anprall (Blick in Anprallrichtung)

b) Mittelstreifenüberfahrten Sanierungslösung „Zusatzschraube“

Konstruktion

Für die Versuche an der EDSP 2.0 und an der DDSP 4.0+ jeweils mit Steckpfosten wurden die Pfosten jeweils mittels einer zusätzlichen Schraube M16x60 4.6 direkt am Abstandhalter (siehe Bild 4-10 und Bild 4-11) bzw. am Distanzstück (siehe Bild 4-12 und Bild 4-13) befestigt, um die obere Sollbruchstelle zu vermeiden.

Der Aufbau der beiden Systeme erfolgte gemäß [RAL-RG 620] Zchg. Nr. S1.3-122 mit geschraub-

ten (geteilten) Steckpfosten, jedoch einreihig. Es wurde vor Ort ein Loch durch die Pfostenklau und den Pfosten gebohrt¹ und der Abstandhalter bzw. das Distanzstück mit einer Schraube M16 x 60 4.6 ([RAL-RG 620] TL-Nr. 40.15) an dem Pfosten zusätzlich befestigt (siehe Bild 4-14 bis Bild 4-16 am Beispiel einer EDSP).

¹ Für das Durchbohren des Pfostens kann das untere 3. Loch im Abstandhalter bzw. Distanzstück verwendet werden, indem mit einem kleinen Bohrer ein Loch vorgebohrt wird. Anschließend ist das Loch mit einem Durchmesser von 16 mm nachzubohren.



Bild 4-10: EDSP 2.0 mit geschraubten Steckpfosten und Zusatzschraube zur Sicherung



Bild 4-12: DDSP 4.0+ mit geschraubten Steckpfosten und Zusatzschraube zur Sicherung



Bild 4-11: EDSP 2.0 mit geschraubten Steckpfosten und Zusatzschraube zur Sicherung



Bild 4-13: DDSP 4.0+ mit geschraubten Steckpfosten und Zusatzschraube zur Sicherung

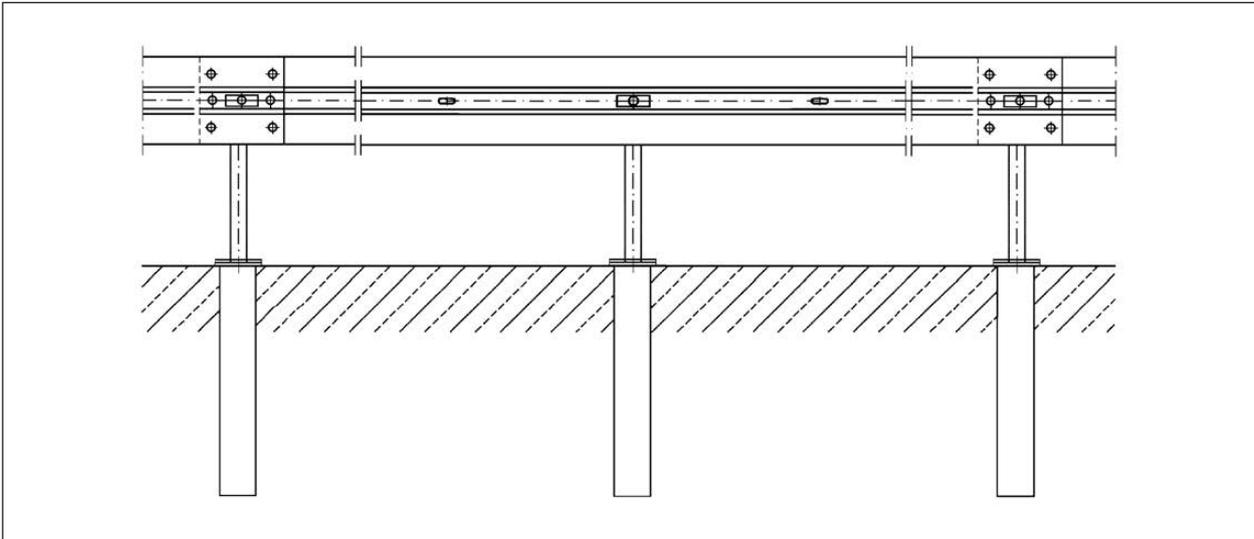


Bild 4-14: EDSP 2.0 in Rohrhülsen mit Zusatzschraube zur Sicherung der Steckpfosten – Seitenansicht
(Auszug aus [RAL-RG 620])

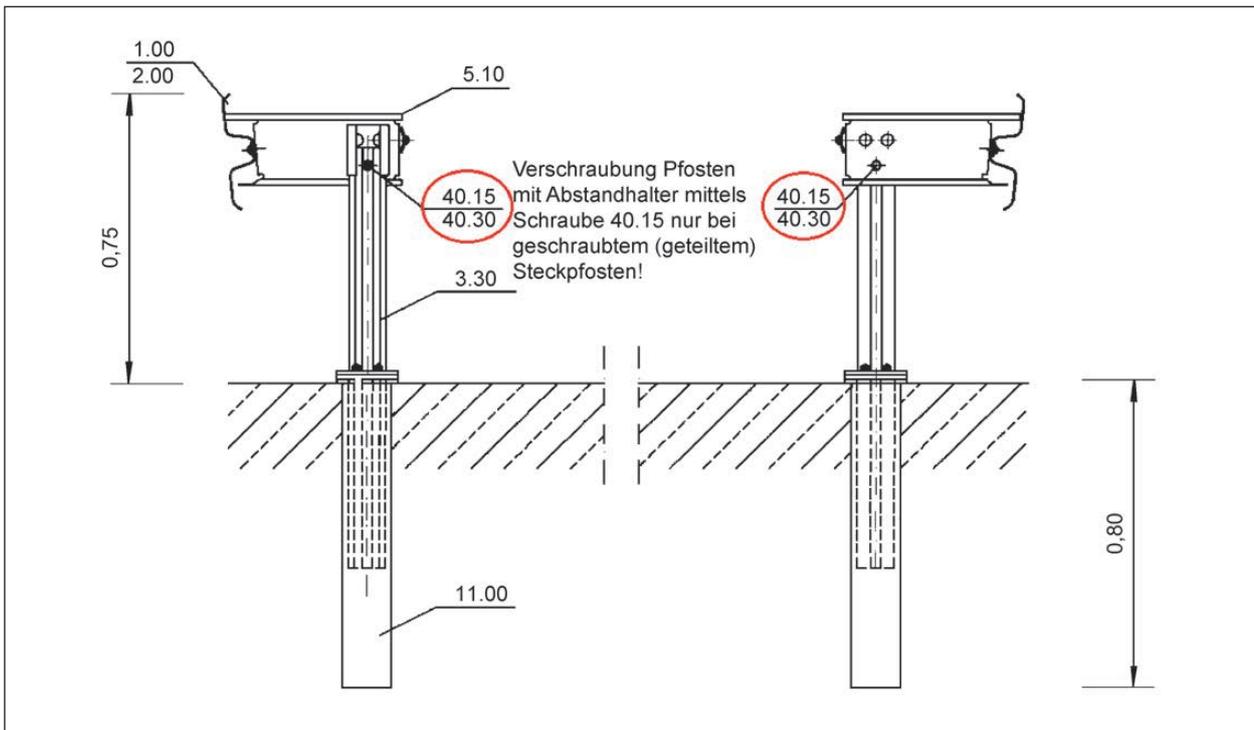


Bild 4-15: EDSP 2.0 in Rohrhülsen mit Zusatzschraube zur Sicherung der Steckpfosten (Auszug aus [RAL-RG 620])

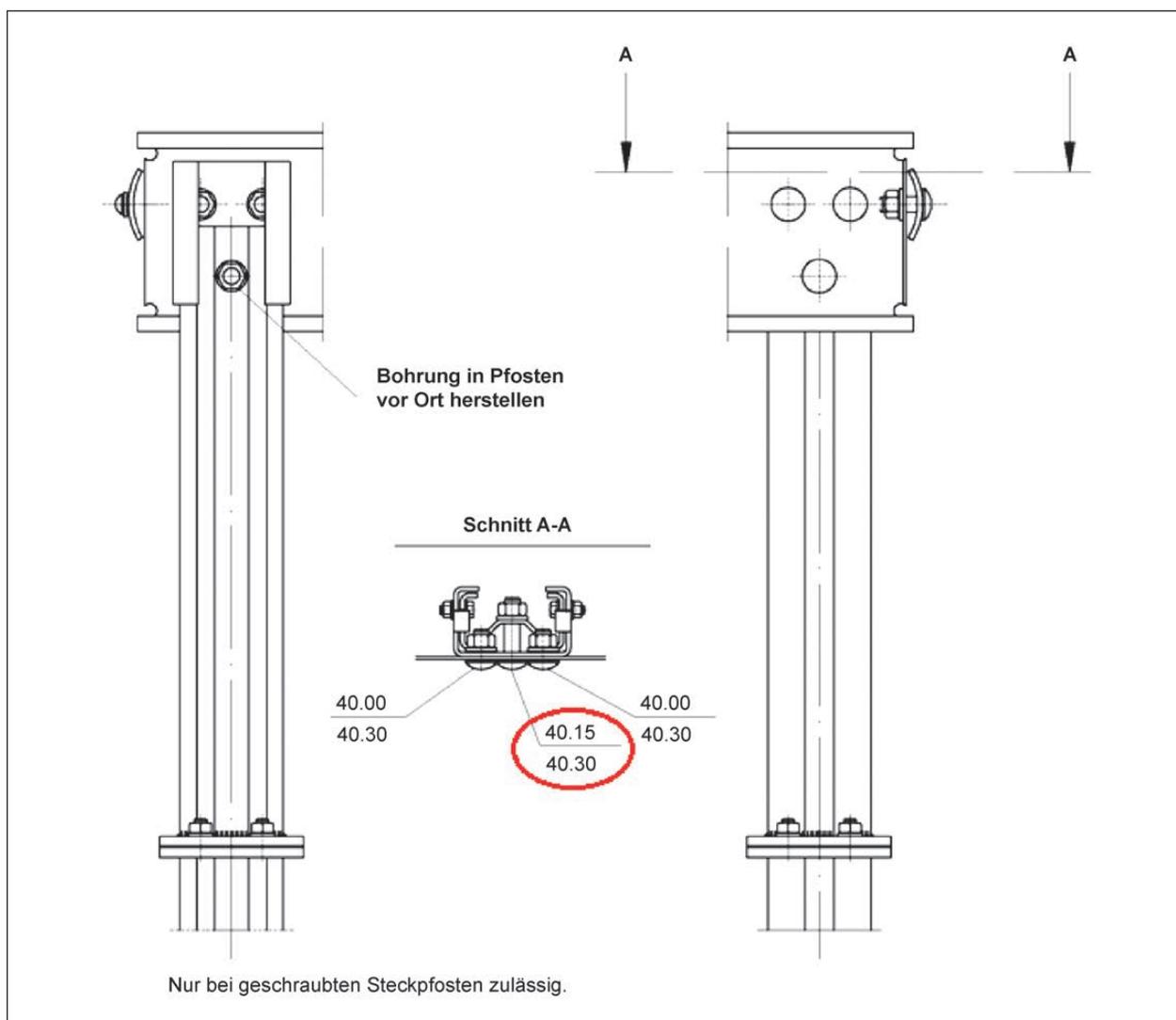


Bild 4-16: EDSP 2.0 in Rohrhülsen mit Zusatzschraube zur Sicherung der Steckpfosten – Verschraubungsdetails

EDSP 2.0 in Rohrhülsen und gesicherten Steckpfosten

Auf dem Prüfgelände wurde, wie zuvor beschrieben, eine 60 m lange EDSP 2.0 im B-Profil in Rohrhülsen mit gesicherten Steckpfosten errichtet. Als Anfangs- und Endkonstruktion wurde jeweils eine 12m-Regelabsenkung errichtet, welche über in Asphalt gebohrte Löcher in das Erdreich gerammt installiert wurde. Diese Löcher wurden anschließend mit Kaltasphalt verfüllt.

- Prüftyp TB 11 (20°, 100 km/h, 0,9 t) – Versuch 2008 7D 21

Der Anprallversuch erfolgte mit einem Citroen AX mit einer Versuchsmasse von 874 kg und einer tatsächlichen Geschwindigkeit von 103,6 km/h (siehe Bild 4-17).



Bild 4-17: Fahrzeug am Anprallpunkt; Blick entgegen der Anfahrtrichtung auf die Systemrückseite

Das Fahrzeug prallte vorne links am Element 5 (0,55 m vor Stoß 5/6), im Drittelspunkt der Schutzeinrichtung, unter einem Winkel von 20,2° mit Stoßfänger und Karosserie an das System. Der Anprall verformte die vordere linke Fahrzeugecke. Das



Bild 4-18: Anprallvorgang TB11



Bild 4-19: Durchbiegung der Schutzeinrichtung; Blick in Anfahr- richtung



Bild 4-20: Separation Steckpfosten

Fahrzeug lehnte sich an das System an, welches seitlich ausweicht, und wankte um seine Längsachse von links nach rechts ohne den Bodenkontakt zu verlieren. Insgesamt blieb das Fahrzeug während des Anprallvorgangs in seiner Lage stabil und vollzog keine nennenswerten Kipp-, Roll- oder Nickbewegungen. Das Fahrzeug verließ das System am Element 11 und fuhr in seiner umgelenkten Bewegungsbahn weiter, bis es zum Stehen kam.

Infolge des Anprallvorgangs hatten sich die Holme und Pfosten verformt. Insgesamt lösten sich 13 Pfosten (Nr. 4.2 bis 10.2) an der Schraubverbindung an der Fußplatte des geteilten Pfostens. Die Beschädigungen am System erstreckten sich über



Bild 4-21: Schäden am Versuchsfahrzeug nach dem Versuch

7 Holme und die dazugehörigen Systemteile (Pfosten, Abstandhalter, Abspanngurt). Es waren deutliche Anprallspuren in Form von Verformungen der Abstandhalter, der Holme und der Pfosten sowie Kratz- und Schleifspuren vom Fahrzeug zu erkennen (siehe Bild 4-19 und Bild 4-20).

Das Fahrzeug war nach dem Anprall nicht mehr fahrbereit. Die Front und die Felge waren auf der Anprallseite stark beschädigt. Außerdem wies die komplette Fahrerseite anprallbedingte Kratzspuren, Dellen und Beulen auf (siehe Bild 4-21).

Die maximale dynamische Durchbiegung betrug 1,7 m (Element 9). Mit den Werten für die Insassenbelastung ASI 0,74, THIV 13,5 km/h und PHD 16,1 g wird die Anprallheftigkeitsstufe A erfüllt.

Insgesamt wurde der Versuch TB 11 vom System bestanden.

- Prüftyp TB 42 (15°, 70 km/h, 10 t) – Versuch 2008 7D 20

Für den Anprallversuch wurde ein IVECO 150 E27 mit einer Versuchsmasse von 10.300 kg verwendet.

Das Fahrzeug prallte bei 1/3 der Länge der Schutzeinrichtung, d. h. 0,09 m vor Stoß 5/6 mit einer Geschwindigkeit von 71,3 km/h unter einem Winkel von 15,6° mit Stoßfänger und Karosserie an das System



Bild 4-22: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 0,004 s;
Quelle: DEKRA



Bild 4-25: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 1,236 s;
Quelle: DEKRA



Bild 4-23: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 0,276 s;
Quelle: DEKRA



Bild 4-26: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 1,600 s;
Quelle: DEKRA



Bild 4-24: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 0,952 s;
Quelle: DEKRA



Bild 4-27: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 1,888 s;
Quelle: DEKRA

an. Das Fahrzeug lehnte sich an das System an, blieb während des Anprallvorgangs in seiner Lage stabil und vollzog keine nennenswerten Kipp-, Roll- oder Nickbewegungen (siehe Bild 4-22 bis 4-28). Das Fahrzeug verließ das System nach rund 34 m am Element 14 und fuhr in seiner umgelenkten Bewegungsbahn weiter bis in seine Endlage.

Aufgrund des Anpralls hatten sich insgesamt 20 Pfosten (Nr. 3.2 bis 13.1) an der Schraubverbindung des geteilten Pfostens an der Fußplatte gelöst (Bild 4-32), welche jedoch noch mit dem Holm verbunden waren. Der Abstandhalter 12-2 hatte sich vom Holm



Bild 4-28: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 2,140 s;
Quelle: DEKRA

gelöst (Bild 4-33), war aber noch mit dem Abspanngurt verbunden. Die Beschädigungen am System erstreckten sich über 12 Holme und die dazugehörigen Systemteile (Pfosten, Abstandhalter, Abspanngurt). Es waren deutliche Anprallspuren in Form von Verformungen der Abstandhalter, der Holme und der Pfosten sowie Kratz- und Schleifspuren vom Fahrzeug zu erkennen (siehe Bild 4-29 bis 4-33).

Am Prüffahrzeug waren durch den Anprall der Scheinwerfer, der Stoßfänger und das Trittbrett vorne auf der Fahrerseite beschädigt (siehe Bild 4-34).



Bild 4-29: Durchbiegung der Schutzeinrichtung; Blick entgegen der Anfahrriichtung



Bild 4-30: Schäden im Bereich Holm 12



Bild 4-31: Verschraubung der Pfostensicherung am Abstandhalter nach dem Versuch

Kratzspuren, Dellen und Beulen waren ebenfalls auf dieser Seite zu erkennen.

Die maximale dynamische Durchbiegung betrug 2,4 m (Element 11) und der Wert für die maximale seitliche Position des Systems 2,9 m, was der Einstufung in die Wirkungsbereichsklasse W8 entspricht.

Insgesamt wurde der Versuch TB 42 vom System bestanden.



Bild 4-32: Vollständig gelöste Verschraubung bei Steckpfosten 3-2



Bild 4-33: Detailansicht Pfosten und Abstandhalter 12-2 am Stoß 12/13 (Systemrückseite)



Bild 4-34: Schäden am Fahrzeug (Fahrerseite und Front) nach der Prüfung

Das System EDSP 2.0 in Rohrhülsen und gesicherten Steckpfosten erreicht gemäß DIN EN 1317-2:1998+A1:2006 somit folgende Leistungsklassen:

- Aufhaltestufe: H1,
- Anprallheftigkeitsstufe: A,
- Wirkungsbereichsklasse: W8 ($\leq 3,5$ m).

DDSP 4.0+ in Rohrhülsen und gesicherten Steckpfosten

Auf dem Prüfgelände wurde wie zuvor beschrieben eine 60 m lange DDSP 4.0+ im B-Profil in Rohrhülsen mit Zusatzschraube zur Sicherung der Steckpfosten und jeweils einer Absenkung von 12 m Länge am Anfang und Ende errichtet. Die Anfangs- und Endkonstruktion wurde durch Durchgangslöcher in das Erdreich gerammt installiert. In einem Abstand von 4,0 m werden in Rohrhülsen gesteckte und ver-

schraubte (geteilte) Pfosten installiert (Bild 4-35). Zusätzlich zu den an den Pfosten angebrachten Distanzstücken werden je 4m-Element 2 weitere Distanzstücke zwischen den Holmen (ohne Pfosten) befestigt, sodass alle 1,33 m ein Distanzstück vorhanden ist (Bild 4-36 und Bild 4-38).

- Prüftyp TB 32 (20°, 110 km/h, 1,5 t) – Versuch 2008 7D 22

Der Anprallversuch erfolgte mit einem Opel Omega mit einer Versuchsmasse von 1.558 kg und einer tatsächlichen Geschwindigkeit von 113,2 km/h.

Das Fahrzeug prallte vorne links am Element 5 (0,06 m vor Stoß 5/6) bei 1/3 der Länge der Schutteinrichtung unter einem Winkel von 20,4° an das System an (Bild 4-37). Der Anprall verformte die vordere linke Fahrzeugecke sowie die Vorderachse und das System wich dabei seitlich aus. Das Fahr-

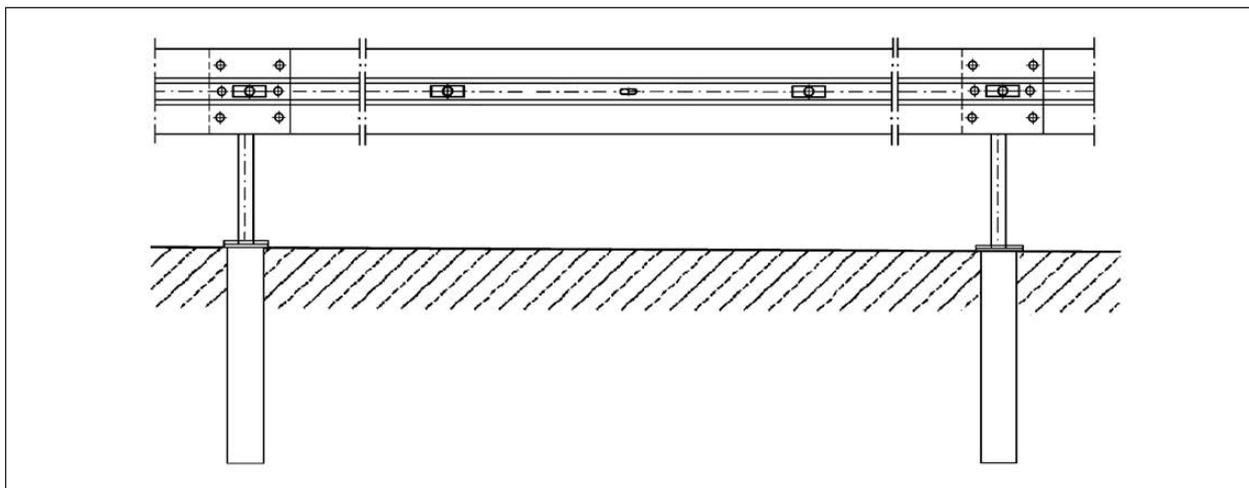


Bild 4-35: DDSP 4.0+ in Rohrhülsen mit Zusatzschraube zur Sicherung der Steckpfosten – Seitenansicht (eigene Darstellung auf Grundlage der [RAL-RG 620]; aus Zeichnungen S1.1-130 und S1.1-122)

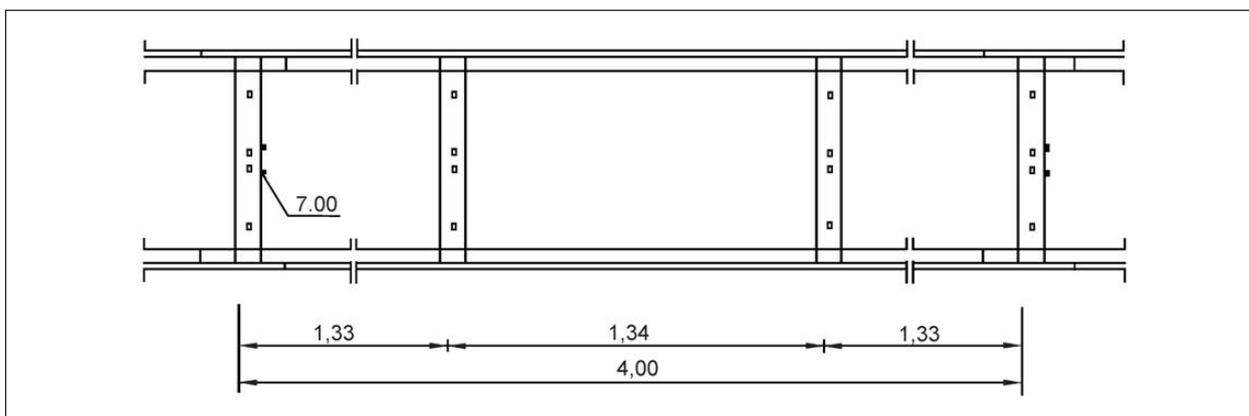


Bild 4-36: DDSP 4.0+ in Rohrhülsen mit Zusatzschraube zur Sicherung der Steckpfosten – Draufsicht (Auszug aus [RAL-RG 620]; Zeichnung S1.1-130)

zeug lehnte sich an das System an und bog mit dem vorderen linken Rad die Pfosten am Stoß 6/7 und Stoß 7/8 um 180° nach oben. Dabei stieg das Fahrzeug hinten links leicht auf und drehte sich um die Hochachse, sodass es unter einem stumpferen Winkel weiter am System entlang fuhr. Insgesamt blieb das Fahrzeug während des Anprallvorgangs in seiner Lage stabil und vollzog keine nennenswerten Kipp-, Roll- oder Nickbewegungen. Das Fahrzeug verließ das System am Element 15 nach einer



Bild 4-37: Fahrzeug am Anprallpunkt; Blick entgegen der Anfahrrichtung



Bild 4-38: Zusätzliches Distanzstück ohne Steckpfosten

Kontaktstrecke von 38,63 m und fuhr in seiner umgelenkten Bewegungsbahn weiter bis in seine Endlage.

Durch den Fahrzeuganprall lösten sich die Pfosten an den Holmen 3-15 an der Schraubverbindung des geteilten Pfostens an der Fußplatte. Die Beschädigungen am System insgesamt erstreckten sich über 13 Holme und die dazugehörigen Systemteile (Pfosten, Abstandhalter) (Bild 4-40). Es



Bild 4-40: Übersicht über die Situation nach der Prüfung und Fahrzeug in Endstellung; Blick in Anfahrrichtung; Quelle: DEKRA

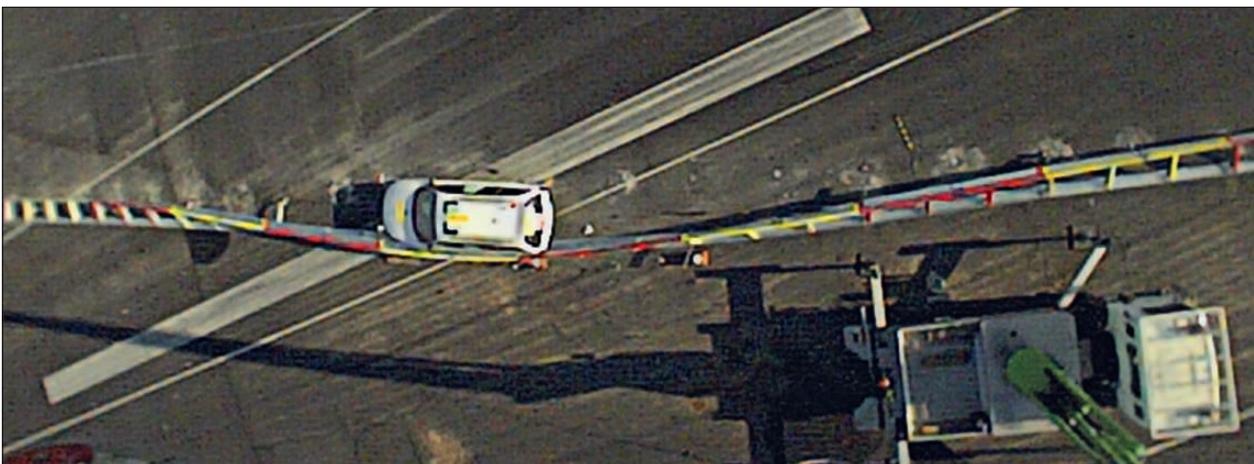


Bild 4-39: Anprallvorgang – Ansicht von oben (Weitwinkel) $t = 0,404$ s; Quelle: DEKRA

waren deutliche Anprallschäden in Form von Verformungen der Abstandhalter, der Holme und der Pfosten sowie Kratz- und Schleifspuren vom Fahrzeug zu erkennen.

Der Pkw wurde an der Fahrerfront durch den Anprall stark beschädigt. Neben den kaputten Felgen an der Fahrerseite waren auch das Fahrwerk und die Vorderachse auf der linken Seite beschädigt, sowie der Reifen nach hinten gegen den Schweller umgeschlagen. Das Fahrzeug war nicht mehr fahrbereit. Die komplette Fahrerseite wies außerdem anprallbedingte Kratzspuren, Dellen und Beulen auf (siehe Bild 4-41 bis Bild 4-45).

Die maximale dynamische Durchbiegung betrug 1,9 m (Element 9) und der Wert für die maximale seitliche Position des Systems 2,3 m, was der Einstufung in die Wirkungsbereichsklasse W7 ($\leq 2,5$ m) entspricht. Mit den Werten für die Insassenbelastung ASI 0,6, THIV 11,6 km/h und PHD 20 g wird die Anprallheftigkeitsstufe A erfüllt.



Bild 4-41: Schäden auf der Fahrerseite des Versuchsfahrzeugs



Bild 4-42: Schäden an der Fahrzeugfront des Versuchsfahrzeugs

Insgesamt wurde der Versuch TB 32 an der DDSP 4.0+ in Rohrhülsen und gesicherten Steckpfosten nach DIN EN 1317-2:1998+A1:2006 bestanden.



Bild 4-43: DDSP 4.0+ nach Anprall – Ansicht gegen Anprallrichtung; Quelle: DEKRA



Bild 4-44: Übersicht ab Stoß 9/10 mit den aus dem Asphalt gezogenen Rohrhülsen der Pfosten 9 und 10



Bild 4-45: 180 Grad gedrehter Pfosten bei Stoß 6/7 (aus Prüfbericht 2008 7D 22); Quelle: DEKRA

➤ Ergebnis und Einsatz für gelöste Pfosten in Mittelstreifenüberfahrten

Die Versuche an der EDSP 2.0 und DDSP 4.0+ mit in Rohrhülsen und gesicherten Steckpfosten haben gezeigt, dass die Anforderungen der ([DIN EN 1317]) an die Aufhaltestufe H1 bzw. an den Versuch TB 32 erfüllt sind. Zudem haben sich keine Teile von der Schutzeinrichtung gelöst, die Fahrzeuge wurden aufgehalten und sicher umgelenkt.

Gemäß ([RPS 2009]) wird im Mittelstreifen von zweibahnigen Straßen jedoch durchgängig mindestens die Aufhaltestufe H2 gefordert. Das bedeutet, dass die entwickelten Lösungen nicht für den Neubau nach RPS 2009 geeignet sind.

Aufgrund der Versuchsergebnisse und den Anforderungen der ([RPS 2009]) können vorhandene Steckpostensysteme mit geschraubten Pfosten bei beiden Holzprofilen (A- und B-Profil) (EDSP 1,33, EDSP 2,0, DDSP 2,0, DDSP 4,0+) in Mittelstreifenüberfahrten mit der Sanierungslösung nachgerüstet werden, um die Gefahr durch gelöste Pfosten zu verringern. Für den Neubau sollten stets andere, nach ([DIN EN 1317]) positiv geprüfte Schutzeinrichtungen mit einer Aufhaltestufe von mindestens H2 verwendet werden.

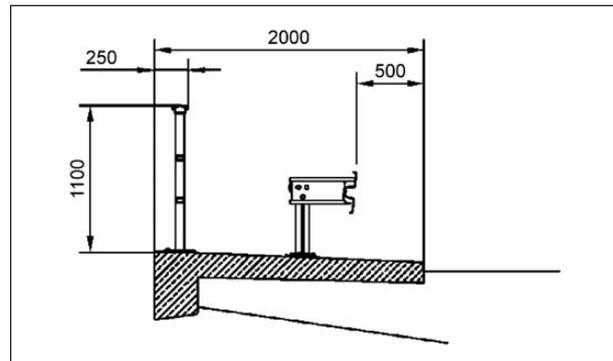


Bild 4-46: Querschnitt EDSP 1.33 BW+ mit Geländer



Bild 4-47: Detailansicht Verschraubung Pfosten

c) Schutzeinrichtungen für Brücken – Sanierungslösung „Zusatzschraube“

EDSP 1.33 BW + mit Geländer

Für den Einsatzbereich Mittelstreifenüberfahrten (siehe Kapitel 4.1.1 b) kann das Lösen der Pfosten durch einen Fahrzeuganprall mittels einer Zusatzschraube als Sicherung verhindert werden. Es sollte nunmehr überprüft werden, ob die getestete Lösung auch für das auf Brücken verwendete Standardsystem EDSP 1,33 mit Geländer anwendbar ist.

Der Aufbau der EDSP 1.33 BW + mit Geländer (Bild 4-46) erfolgte für die Versuche gemäß [RAL-RG 620] Zchg. Nr. S1.2-120. Zusätzlich wurde vor Ort ein Loch durch die Pfostenklau und den Pfosten gebohrt und der Abstandhalter mit einer Schraube M16x60 4.6 ([RAL-RG 620], TL-Nr. 40.15) an dem Pfosten zusätzlich unmittelbar befestigt (siehe Bild 4-47).²

Für die Versuche TB 11 und TB 51 wurde ein Holmgeländer und für den späteren Versuch TB 42 ein Füllstabgeländer installiert.

- Prüftyp TB 11 (20°, 100 km/h, 0,9 t) – Versuch 2010 7D 01

Auf einer nachgebildeten Brückenkappe gemäß [RIZ-ING 2007] wurde die EDSP 1.33 BW + mit Geländer wie zuvor beschrieben über eine Länge von 80 m errichtet.

Eine Anfangsabsenkung mit 4 m und Endabsenkung mit 12 m sowie ein 40,65 m langes und 1,1 m hohes Holmgeländer mit Seil (Richtzeichnung Gel 3 gemäß [RIZ-ING]) ergänzen das System. Die Pfosten der Anfangskonstruktion werden ins Erdreich und die letzten 10 Pfosten in Asphaltlöcher gerammt. Die Pfosten auf der Brückenkappe werden mit vier Schraubverbindungen auf der Pfosten-Grundplatte montiert. Das Geländer wird in einem Abstand von 0,75 m zur Systemhinterkante aufge-

² Für das Durchbohren des Pfostens kann das untere 3. Loch im Abstandhalter verwendet werden, indem mit einem kleinen Bohrer ein Loch vorgebohrt wird. Anschließend ist das Loch mit einem Durchmesser von 16 mm nachzubohren.

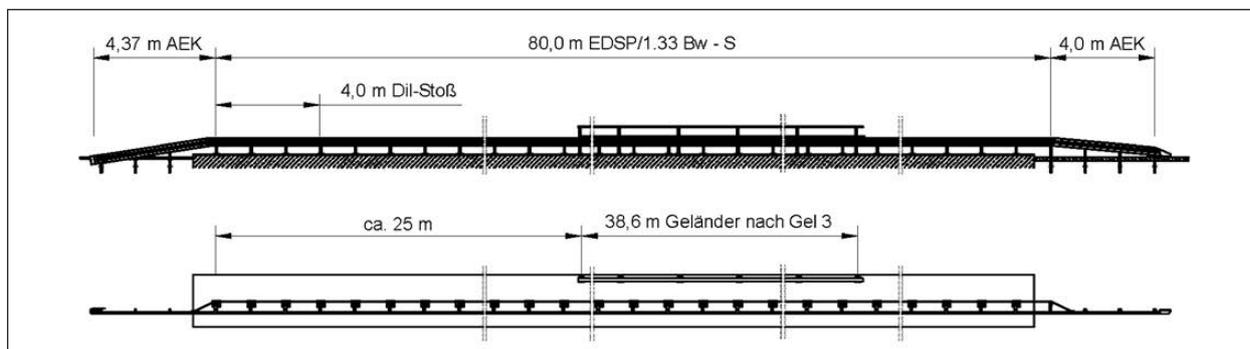


Bild 4-48: Aufbau für Versuch TB 11+TB 51



Bild 4-49: Fahrzeug am Anprallpunkt vor der Prüfung entgegen der Anfahrrichtung



Bild 4-50: Dilatation

baut. Somit ergibt sich eine Gesamtsystembreite von 1,425 m, gemessen von der Systemvorderkante zur Geländerfußplatte hinten. Die Verankerung der Geländerfußplatten erfolgt nach Richtzeichnung Gel 14 [RIZ-ING]. Am Systemanfang wird zwischen der Anfangsabsenkung und dem ersten Hauptlängselement ein Dilatationselement (Längenausgleich 320 mm) verbaut (Bild 4-50).

Der Anprallversuch erfolgte mit einem Fiat Uno mit einer Versuchsmasse von 878 kg und einer tatsächlichen Geschwindigkeit von 102,2 km/h.

Das Prüffahrzeug prallte mit einem Anprallwinkel von 20° ca. 2,15 m nach dem Elementübergang von 7 zu 8 an das System. Es blieb für ca. 14,40 m in Kontakt mit dem System, bis es am Element 12 abbrallte. Am Element 19 kam es zu einem leichten Sekundärprall. Das Fahrzeug wurde von der Schutzeinrichtung gleichmäßig in Richtung Systemaufstellinie umgelenkt. Während des Umlenkvorgangs traten nur geringfügige Gier-, Nick- und Rollbewegungen auf. Das System wurde insgesamt soweit ausgelenkt, dass das Fahrzeug während der Hauptumlenkphase das Geländer für einen kurzen Moment berührte (siehe Bild 4-51 bis Bild 4-56).

Durch den Anprall wurden die Schutzplankenholme 8 bis 12 deformiert und es waren Kratz- und Schleifspuren zu verzeichnen. Bei den Pfosten 22 bis 33 lösten sich funktionsgemäß die Verschraubungen zur Fußplatte. Die Pfosten 23 bis 32 wurden aus ihren Verankerungen angehoben, ab dem Pfosten 25 waren die Abstandshalter mit ihren Pfosten verdreht. Am Maximum der Durchbiegung wurde das Geländer vom dynamisch verformten System leicht berührt, wobei keine nennenswerten Beschädigungen auftraten (siehe Bild 4-57 und Bild 4-58).

Das Prüffahrzeug, welches nicht mehr fahrbereit war, wies Dellen sowie Kratz- und Schleifspuren über die gesamte linke Fahrzeugseite auf. Der linke Fahrzeugfront wurde zudem stark deformiert und der Frontstoßfänger links ist zerstört. Außerdem wurde die Motorhaube bis auf die hintere rechte Verankerung gelöst und zur Seite geklappt (siehe Bild 4-59).

Die maximale dynamische Durchbiegung betrug 0,9 m (Element 10). Mit den Werten für die Insassenbelastung ASI 0,6, THIV 19 km/h und PHD 7 g wird die Anprallheftigkeitsstufe A erfüllt.



Bild 4-51: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 1; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-54: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 4; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-52: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 2; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-55: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 5; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-53: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 3; Quelle: TÜV Süd

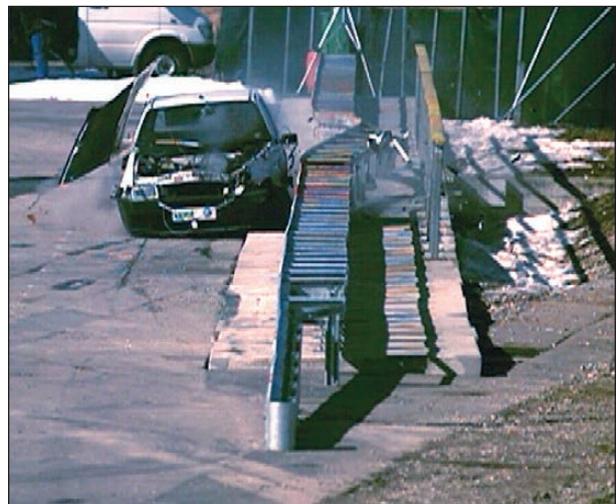


Bild 4-56: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 6; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-57: Durchbiegung der Schutzeinrichtung



Bild 4-58: Detailansicht Systemrückseite im Bereich des Holms 10 mit den aus der Verankerung gehobenen Pfosten



Bild 4-59: Schäden am Fahrzeug nach der Prüfung (Fahrerseite und Front)

Insgesamt wurde der Versuch TB 11 vom System bestanden.

- Prüftyp TB 51 (20°, 70 km/h, 13 t) – Versuch 2010 7D 02

Für diesen Versuch wurde das System analog zum TB 11 so belassen und die beschädigten Teile ausgetauscht (Prüftyp TB 11 – Versuch 2010 7D 01).



Bild 4-60: Fahrzeug am Anprallpunkt vor der Prüfung; Blick in Anfahrriichtung auf die Systemrückseite



Bild 4-61: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 1; Quelle: TÜV Süd

Der Anprallversuch wurde mit einem MAN SL202 mit einer Versuchsmasse von 12.740 kg und einer tatsächlichen Geschwindigkeit von 72,61 km/h durchgeführt (siehe Bild 4-60).

Das Prüffahrzeug prallte bei rund 1/3 (0,25 m vor Elementübergang 7/8) an die Schutzeinrichtung an, drückte die Schutzeinrichtung gegen das Geländer, fuhr nach rund 8 m über den Holm und durchbrach infolgedessen das Geländer. Das rechte Vorderrad überquerte gegen Ende der Brückenkappe (Ende Element 15) auch das System. Das Fahrzeug kam jenseits (rückwärtig) der Schutzeinrichtung zum Stillstand. Aufgrund des Überfahrens des Systems wurden die Anforderungen der [DIN EN 1317] mit der Aufhaltestufe H2 nicht erfüllt (siehe Bild 4-61 bis Bild 4-67).

Da sich der Holm nicht vom Pfosten lösen konnte (Sollbruchstelle an der Fußplatte), wurde hier anders als bei der Prüfung TB 51 an der Standard EDSP 1.33 BW ohne Zusatzschraube (ELLMERS), der Holm vom Bus nach unten gedrückt und das System hat dem Bus keinen ausreichenden Wider-



Bild 4-62: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 2; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-65: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 5; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-63: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 3; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-66: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 6; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-64: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 4; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-67: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 7; Quelle: TÜV Süd

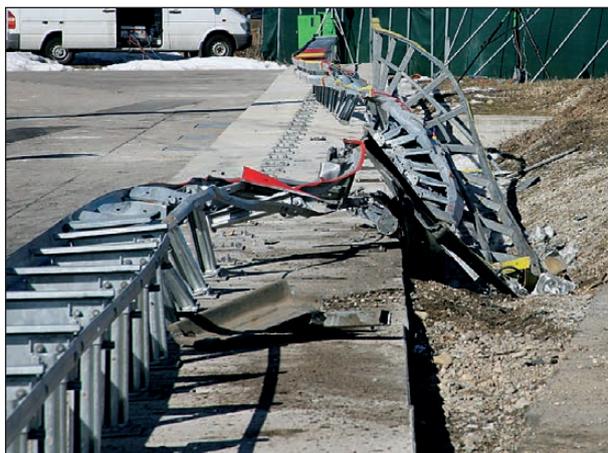


Bild 4-68: Durchbiegung der Schutzeinrichtung; Blick entgegen der Anfahrriichtung



Bild 4-69: Schäden am Fahrzeug nach der Prüfung im Frontbereich



Bild 4-70: Detailansicht der aufgewölbten Fußplatte G14 des Geländers

stand geboten. Ergänzend kam hinzu, dass aufgrund der eingebauten Dilatation nun eine größere Verformung möglich war (siehe Bild 4-68 bis Bild 4-71).



Bild 4-71: Detailansicht des gerissenen Holmes 11 im Bereich des Distanzstücks 41



Bild 4-72: Übersicht über das vollständig montierte Fahrzeugrückhaltesystem; Blick in Anfahrriichtung

- Prüftyp TB 42 (15°, 70 km/h, 10 t) – Versuch 2011 7D 03

Für den Einsatz von Schutzeinrichtungen auf Brücken im Zuge von Autobahnen ist laut ([RPS 2009]) die Aufhaltestufe H2 erforderlich. Der für die Aufhaltestufe H2 erforderliche Versuch TB 51 (Versuch 2010 7D 02) an der EDSP 1.33 BW + mit Geländer und Zusatzschraube hat jedoch gezeigt, dass die EDSP 1.33 BW + die Anforderungen dieser Aufhaltestufe nicht erfüllt.

Für die Anwendung auf Landstraßen ist allerdings die Aufhaltestufe H1 ausreichend, sodass der dafür notwendige TB 42 Versuch an der EDSP 1.33 BW + durchgeführt wurde. Für den Einsatz auf Landstraßen wird in vielen Fällen die Installation eines Füllstabgeländers gefordert (Richtzeichnung Gel 4 gemäß ([RIZ-ING]), sodass für den Test mit einem 10t-Lkw anstatt eines Holmgeländers ein Füllstabgeländer über rund 60 m installiert wurde.

Die EDSP 1.33 BW + mit Geländer und Zusatzschraube wurde ebenfalls auf der nachgebildeten Brückenkappe gemäß ([RIZ-ING 2007]) wie zuvor beschrieben über eine Länge von 80 m errichtet. Eine Anfangs- und Endabsenkung mit jeweils 12 m und ein 59,8 m langes und 1 m hohes Füllstabgeländer ergänzen das System (siehe Bild 4-72). Da-

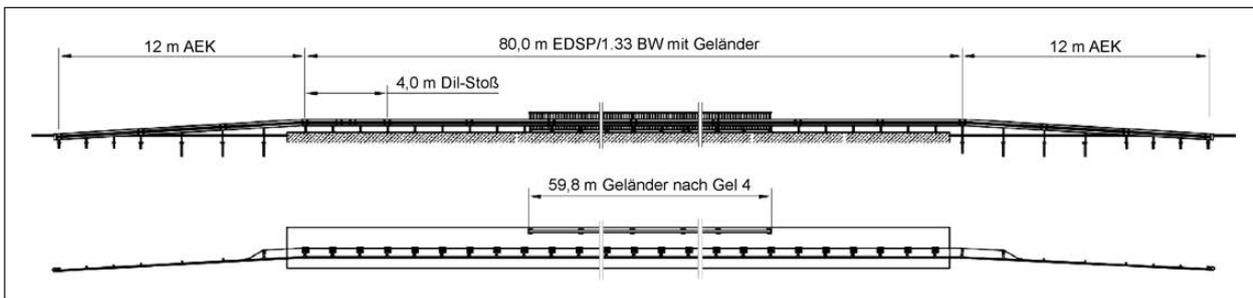


Bild 4-73: Aufbau für Versuch TB42

bei wurden die Anfangsabsenkung und die Schutzplankenelemente 1 bis 6 leicht verschwenkt aufgebaut, um diese große Länge auf dem Testgelände realisieren zu können. Die ersten 7 Pfosten werden ins Erdreich und die letzten 8 Pfosten in Asphaltlöcher gerammt. Die Pfosten auf der Brückenkappe werden mit vier Schraubverbindungen auf der Pfostengrundplatte montiert. Das Füllstabgeländer wird so aufgebaut, das sich eine Systembreite von 1,45 m, gemessen von der Systemvorderkante zu Geländerfußplatte hinten ergibt. Am Anfang der Brückenkonstruktion wird ein Dilatationselement (320 mm) so verbaut, das ein Längenausgleich möglich ist (Bild 4-73).

Der Anprallversuch erfolgte mit einem Mercedes Benz Atego mit einer Versuchsmasse von 9.860 kg und einer tatsächlichen Geschwindigkeit von 72,4 km/h (siehe Bild 4-74 bis Bild 4-79).

Das Prüffahrzeug prallte mit einem Anprallwinkel von $14,2^\circ$ ca. 0,56 m vor dem Elementübergang von 8 auf 9 an das System an. Das Fahrzeug drang in die nachgebende Stahlseinrichtung ein, dabei deformierte sich die Fahrzeugfront. Unter Mitwirkung des Geländers wurde der Lkw zurückgehalten und in Richtung Systemflucht umgelenkt. Das Prüffahrzeug hatte, bis es seine Endposition erreichte, Kontakt mit dem Schutzsystem. Während des Umlenkvorgangs traten gemäßigte Gier-, Nick- und geringe Rollbewegungen auf. Insgesamt blieb das Fahrzeug für 50,15 m bis zum Stillstand in Kontakt mit dem System (Bild 4-83). Die Dilatation wurde für den Versuch lose und in Nullstellung verschraubt. Nach dem Versuch war eine Verschiebung von 9,5 cm erkennbar (max. 18 cm möglich).

Durch den Anprall deformierten sich die Schutzplankenholme 33 bis 48. An den Pfosten 28 bis 51 löste sich die Verschraubung zwischen der Fußplatte und dem Pfosten; die Pfosten selbst lösten sich nicht vollständig vom System. Insgesamt waren über die Kontaktstrecke Deformationen sowie Kratz-



Bild 4-74: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 1; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-75: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 2; Quelle: TÜV Süd

und Schleifspuren zu finden. Das Füllstabgeländer wurde durch den Anprall über ca. 7 Felder, auf Höhe der SP-Elemente 9 bis 12 beschädigt.

Die gesamte linke Seite des Prüffahrzeugs wies Deformationen sowie Kratz- und Schleifspuren auf. Des Weiteren wurde u. a. die vordere linke Felge zerstört und der linke Scheinwerfer zerbrach (siehe Bild 4-80).



Bild 4-76: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 3; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-79: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 6; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-77: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 4; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-80: Schäden am Fahrzeug nach der Prüfung auf der Fahrerseite



Bild 4-78: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 5; Quelle: TÜV Süd

Der Vergleich zu der ursprünglichen EDSP 1.33 BW (ELLMERS) ohne Zusatzschraube zeigt eine deutlich größere Nachgiebigkeit der Schutzeinrichtung. Diese wurde sowohl durch die eingebaute Dilatation als auch durch das veränderte Systemverhalten infolge der Zusatzschraube verursacht (4-81 bis 4-83).

Aufgrund der Mitwirkung des Geländers betrug die maximale dynamische Durchbiegung 1,3 m und der Wert für die maximale seitliche Position des Systems betrug 1,7 m (Element 10), was der Einstufung in die Wirkungsbereichsklasse W5 entspricht.

Insgesamt wurde der Versuch TB 42 vom System bestanden.

Zusammen mit dem Versuch TB 11 (2010 7D 01) kann das System EDSP 1.33 BW + mit Geländer



Bild 4-81: Durchbiegung der Schutzeinrichtung; Blick entgegen der Anfahrriichtung



Bild 4-82: Kontaktbereich in Anprallrichtung; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-83: Endstellung Prüffahrzeug nach Versuch; Blick in Anfahrriichtung

gemäß DIN EN 1317-2:1998+A1:2006 in folgende Leistungsklassen eingestuft werden:

- Aufhaltestufe: H1,
- Anprallheftigkeitsstufe: A,
- Wirkungsbereichsklasse: W5 ($\leq 1,7$ m).

➤ Ergebnis und Einsatz für das Problem gelöste Pfosten auf Bauwerken

Aufhaltestufe H2

Bei der ursprünglichen TB 51 Prüfung BAST 98 7D 14 (TB 51) ohne Dilatation und Zusatzschraube hatte sich gezeigt, dass das System in Verbindung mit dem Geländer die Anforderungen der Aufhaltestufe H2 erfüllt, dabei jedoch an die Grenze seiner Leistungsfähigkeit gelangt ist. Die RPS 2009 fordert den Einbau von Dilatationen bei Systemen auf Bauwerken, sodass beim TB 51 Versuch (Bus) an der EDSP 1.33 BW + mit Geländer diese Dilatation installiert wurde sowie die Pfosten mit einer zusätzlichen Schraube gesichert wurden. Es hat sich gezeigt, dass die Zusatzschraube das Verhalten der Schutzeinrichtung in der Weise verändert, dass die untere Sollbruchstelle deutlich früher auslöst. Hinzu kommt ein Einfluss aus der Dilatation, der das Verhalten der Schutzeinrichtung mit beeinflusst. Der jetzige Versuch bestätigt, dass bereits kleine Veränderungen an diesem System das Verhalten der EDSP 1.33 BW maßgeblich verändern, sodass die Aufhaltestufe H2 nicht mehr gegeben ist.

Aufhaltestufe H1

Der Versuch mit dem 10t-Lkw (TB 42) hingegen hat die Versuchsergebnisse des früheren Versuchs BAST 1995 7D 16 (TB 42) mit einem Wirkungsbereich von W5 bestätigt. Lediglich die maximale seitliche Position des Systems ist mit 1,7 m etwas höher als in der Erstprüfung (1,6 m), was höchstwahrscheinlich auf die Dilatation und ggf. auch auf die Zusatzschraube zurückzuführen ist.

Insgesamt haben die Versuche 2010 7D 01 (TB 11) und 2011 7D 03 (TB 42) an der EDSP 1.33 BW + mit Geländer gezeigt, dass die Anforderungen der DIN EN 1317 an die Aufhaltestufe H1 erfüllt sind. Zudem haben sich keine Teile von der Schutzeinrichtung gelöst, die Fahrzeuge wurden aufgehalten und sicher umgelenkt.

Aufgrund der Versuchsergebnisse kann die EDSP 1.33 BW + mit Geländer auf Landstraßen (H1) bei beiden Holmprofilen (A- und B-Profil) nachgerüstet werden, um die Gefahr durch gelöste Pfosten zu verringern. Auf Autobahnen sollte stets auf andere, nach DIN EN 1317 positiv geprüfte Schutzeinrichtungen mit einer Aufhaltestufe von mindestens H2 zurückgegriffen werden.

4.1.2 Übergangskonstruktion nach [ARS 17/1996]

Nachrüstung der Übergangskonstruktion nach den Ergänzungen zu den Richtlinien für passive Schutzeinrichtungen an Straßen [RPS 1989]), [ARS 17/1996]

Für die Anprallprüfungen wurde auf der einen Seite der Übergangskonstruktion eine EDSP 2.0 mit B-Profil und auf der anderen Seite eine doppelseitige Betonschutzwand in Ortbetonbauweise vom Typ Step Barrier mit einer Bewehrung $2 \text{ } \varnothing 12$ als zu verbindende Schutzeinrichtungen angeschlossen. Das Verziehungselement (Bild 4-84) war als Betonfertigteile und ohne kraftschlüssigen Verbund mit der Ortbetonschutzwand ausgebildet (Zeichnungen siehe Veröffentlichung auf der [Homepage der BAS]).

Folgende Anpassungen wurden gegenüber der im [ARS 17/1996] dargestellten Konstruktion und dem ersten Sanierungsanprallversuch von Straßen NRW (mit negativem Verlauf) vorgenommen, um einen möglichst kontinuierlichen Anstieg der Steifig-

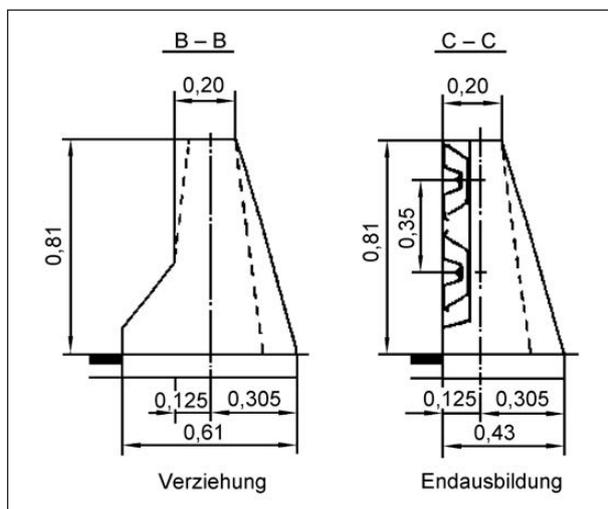


Bild 4-84: Verziehungselement (Querschnitt von Zeichnung in Bild 2-10, Quelle: ARS 17/1996, Anhang 1-5)

keit der Konstruktion von der EDSP zum Ortbeton zu erreichen:

- Weiterführen des oberen Holms über 20 m,
- Verstärkung beider Holme mit einem U-Profil,
- zusätzliche Pfosten im Bereich des Stahls und
- Weiterführen des rückseitigen Abspanngurtes der EDSP über 20 m im Betonteil.

Auf dem Prüfgelände wurde eine 45 m lange Übergangskonstruktion aufgebaut (siehe Bild 4-85). Daran war auf der einen Seite eine 20 m lange EDSP 2.0 im B-Profil sowie eine 12m-Regelabsenkung und auf der anderen Seite eine 12,3 m lange und frei auf einem Kies-Sand-Gemisch aufgestellte doppelseitige Ortbetonschutzwand vom Typ Step Barrier mit $2 \text{ } \varnothing 12$ mm Bewehrung sowie einer Absenkung von 3,4 m angeschlossen.

Die Übergangskonstruktion setzte sich aus einer 24 m langen Stahlkonstruktion und einem 21 m langen Betonschutzwand-Bereich mit durch Holme verstärkter Ortbetonschutzwand zusammen.

Der Stahlteil der Übergangskonstruktion bestand im Wesentlichen aus einer EDSP, bei der im weiteren Verlauf (in Anprallrichtung) die Sigma-Pfosten durch „doppelte“ IPE-Pfosten ersetzt und die Abstandhalter weggelassen wurden (siehe Bild 4-87). Dabei ist der innere IPE-Pfosten nur ein Teilstück, welcher nicht im Boden verankert wurde. Auch der Abspanngurt wurde auf die „doppelten“ IPE-Pfosten“ verschwenkt und verschraubt. Ein zusätzlicher Abspanngurt wurde unterhalb des oberen Abspanngurtes, beginnend bei Element 4, installiert und zusammen mit dem oberen Abspanngurt über einen zusätzlichen rückwärtigen C-Pfosten mit angebrachtem Rohrprofil (siehe Bild 4-88) bis in die Ortbetonschutzwand weitergeführt und dort verschraubt (siehe u. a. Bild 4-86). Des Weiteren wurde ein zusätzlicher unterer Holm angebracht, welcher vom Boden her an die Konstruktion herange-



Bild 4-85: Übersicht über die vollständig montierte Übergangskonstruktion

führt wurde. Am Ende des Elements 4 und am Beginn des Elements 5 wurden zusätzlich zwei C-Pfosten zur Verstärkung an den Holmen angebracht (siehe Bild 4-88). Am Element 5 wurden zusätzlich zwischen Holm und dem 5,25 m langen Verziehungselement Dämpfungsrohre und ein keilförmiges Stahlprofil installiert (siehe Bild 4-89 und Bild 4-90). Das Verziehungselement wurde dabei auf einem Streifenfundament aus Beton aufgestellt.



Bild 4-86: Betonfertigteil (Verziehungselement); Ansicht entgegen Anprallrichtung

Der untere Holm endete am Verziehungselement. Der obere Holm hingegen wurde über 5 weitere Holmelemente bis zur Ortbetonschutzwand weitergeführt und verschraubt (Anschluss an BSWO siehe Bild 4-91).



Bild 4-88: Anschluss Stahl an das Betonfertigteil (Verziehungselement); Ansicht in Anprallrichtung



Bild 4-87: Übergang innerhalb des Stahlteils der ÜK (von Sigma-Pfosten mit Abstandhalter auf „doppelte“ IPE-Pfosten)



Bild 4-89: Detailansicht Übergang auf BSWO



Bild 4-90: Anschuss an Betonfertigteile (Verziehungselement)

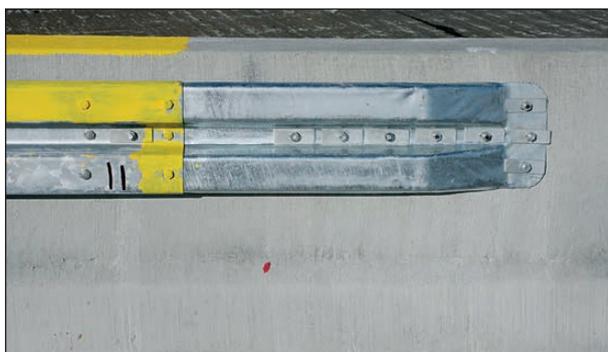


Bild 4-91: Anschluss des oberen Holms an die BSWO (Anprallseite)

- Prüftyp TB 11 (20°, 100 km/h, 0,9 t) – Versuch 2008 7G 03

Der Anprallversuch erfolgte mit einem Citroen AX mit einer Versuchsmasse von 904 kg und einer tatsächlichen Geschwindigkeit von 103,5 km/h (Bild 4-92).

Das Fahrzeug prallte mit Stoßfänger und Karosserie am Element 5 (0,52 m vor Stoß 5/6) unter einem Winkel von 20,9° an das System an. Das Fahrzeug lehnte sich seitlich an das System an und wurde schließlich umgelenkt. Nach nur ca. 4 m verließ das Fahrzeug am Element 6 (0,51 m vor Stoß 6/7) bereits das System und fuhr in seiner umgelenkten Bewegungsbahn weiter bis es zum Stehen kam.

Im Bereich der Kontaktstrecke traten infolge des Anpralls Kratzspuren auf und 2 Pfosten neigten sich leicht nach hinten. Außerdem war das Betonfertigteile bei Stoß 6/7 gebrochen und es waren 2 Risse erkennbar (rückseitig von Fuß bis Kopf und vorderseitig Mitte bis Fuß).

Das Fahrzeug war nach dem Anprall nicht mehr fahrbereit. Fahrerseitig war die vordere Achse mit Rad und Felge stark beschädigt. Die A-Säule wurde nach hinten gebogen und stellte sich dadurch auf. Das Dach dellte sich infolgedessen ein. Die kom-



Bild 4-92: Fahrzeug am Anprallpunkt



Bild 4-93: Anprallvorgang – Ansicht von oben $t = 0,096s$;
Quelle: DEKRA



Bild 4-94: Kontaktstrecke, leichte Neigung des IPE-Pfostens 5-32 mit verformtem Holm; Blick in Anfahrriichtung



Bild 4-95: Schäden am Fahrzeug nach der Prüfung

plette Fahrerseite wies anprallbedingte Kratzspuren, Dellen und Beulen auf (siehe Bild 4-95).

Die maximale dynamische Durchbiegung betrug 0,1 m (0,46 m nach Stoß 5/6). Eine Querverschiebung von 0,10 m trat zudem im Bereich des Betonfertigteils auf. Mit den Werten für die Insassenbelastung ASI 1,9, THIV 32 km/h und PHD 12,2 g wird der Versuch in die Anprallheftigkeitsstufe C eingeordnet.

Insgesamt wurde der Versuch TB 11 an der Übergangskonstruktion bestanden.

- Prüftyp TB 42 (15°, 70 km/h, 10 t) – Versuch 2008 7G 04

Für den Anprallversuch wurde ein MAN 18.232 mit einer Versuchsmasse von 9.850 kg verwendet. Die tatsächliche Anprallgeschwindigkeit von betrug 72,2 km/h.

Das Fahrzeug prallte mit dem linken Stoßfänger am Element 5 (0,85 m nach Stoß 4/5) unter einem Winkel von 15,7° an das System an. Das System wich nach hinten aus und das Fahrzeug begann an dem ausweichenden System aufzusteigen. Das Fahrzeug verließ das System in diesem aufgestiegenen



Bild 4-96: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 1; Quelle: DEKRA



Bild 4-97: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 2; Quelle: DEKRA



Bild 4-98: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 3; Quelle: DEKRA

Zustand nach 13,15 m und fiel in seine Waagerechte zurück. Dabei drehte es sich leicht zum System ein. Nach einem harten Aufprall des Vorderwagens auf der Fahrbahn kontaktierte das eingelenkte Fahrzeug (Sekundäranprall) die angeschlossene Ortbetonwand und wurde hierdurch wiederum leicht umgelenkt. Da die vordere linke Aufhängung gebrochen war, rutschte das Fahrzeug nach dem Ende der Ortbetonwand in seine Endlage in Längsrichtung hinter der Ortbetonwand (siehe Bild 4-96 bis Bild 4-101).

Durch den Anprall verdrehten sich die Holme am Element 4 und 5 und am Element 6 und 7 wurden sie bereits stark verbogen. Die Pfosten wurden im



Bild 4-99: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 4;
Quelle: DEKRA



Bild 4-100: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 5;
Quelle: DEKRA



Bild 4-101: Sekundäranprall 6; Quelle: DEKRA

Element 5 nach hinten weggedrückt. Das Betonelement 6 war gebrochen, wurde jedoch durch die Holme an der Vorderseite und den Abspanngurten auf der Rückseite zusammengehalten. Am Betonelement waren Kantenabplatzungen zu finden. Am Übergang zur Ortbetonschutzwand war das Verstärkungsprofil stark abgknickt und aufgeweitet.

Die gesamte linke Seite des Prüffahrzeugs wies Deformationen sowie Kratz- und Schleifspuren auf. Des Weiteren wurde u. a. die vordere linke Felge zerstört und der linke Scheinwerfer zerbrochen.



Bild 4-102: Beschädigungen im Bereich der Kontaktstrecke



Bild 4-103: Detailansicht der Schäden im Bereich des Holmstoßes 5/6; Blick auf die Systemrückseite



Bild 4-104: Schäden am Fahrzeug nach der Prüfung einschließlich leichtem Sekundäranprall (Fahrerseite)

Durch den Anprall wurde die vordere Achse (inkl. Rad und Felge) stark beschädigt und gebrochen. Das Fahrerhaus wies nur im Einstiegsbereich Beschädigungen auf. Der hintere Unterfahrschutz war rechtsseitig gebrochen.

Die maximale dynamische Durchbiegung betrug 0,7 m und der Wert für die maximale seitliche Position des Systems betrug 1,37 m (Element 6 – Betonfertigteile), was der Einstufung in die Wirkungsbereichsklasse W5 entspricht.

Insgesamt wurde der Versuch TB 42 vom System bestanden.

Zusammen mit dem Versuch TB 11 (2008 7G 03) kann die geprüfte Konstruktion gemäß [DIN V ENV 1317-4] sowie DIN EN 1317-1:1998 und DIN EN



Bild 4-105: Schäden am Fahrzeug nach der Prüfung einschließlich leichtem Sekundärprall (Beifahrerseite)



Bild 4-106: Durchbiegung der Schutzeinrichtung; Blick in Anfahrriichtung

1317-2:1998+A1:2006 in folgende Leistungsklassen eingestuft werden:

- Aufhaltestufe: H1,
- Anprallheftigkeitsstufe: C,
- Wirkungsbereichsklasse: W5 ($\leq 1,7$ m).

➤ Ergebnis und Einsatz für die Übergangskonstruktion nach [ARS 17/1996]

Die Versuche mit der Nachrüstung der Übergangskonstruktion nach [ARS 17/1996] haben gezeigt, dass die Anforderungen der [DIN EN 1317] an die Aufhaltestufe H1 erfüllt sind. Zudem haben sich keine Teile von der Übergangskonstruktion gelöst, die Fahrzeuge wurden aufgehalten und sicher umgelenkt.



Bild 4-107: Durchgehender Riss im Element 6; Blick auf die Systemrückseite

Die Konstruktion soll nur zur Nachrüstung und zur Reparatur bei Unfallschäden von bestehenden Übergangskonstruktionen nach [ARS 17/1996] Anlage 2 für A- und B-Profil verwendet werden. Insbesondere bei der Reparatur von Unfallschäden sollte aber im Einzelfall überprüft werden, ob nicht der Einsatz einer neuen positiv geprüften Übergangskonstruktion (Aufhaltestufe H2) auch im Hinblick auf eine Erhöhung der Verkehrssicherheit zweckmäßig ist. Bei Beschädigung des BSWF sollte der vorhandene Übergang durch einen geprüften ersetzt werden.

Bei Verwendung dieser Konstruktion als Neubau besteht die Gefahr, dass patentrechtliche Ansprüche Dritter verletzt werden. Für den Neubau sollten daher andere, nach [DIN EN 1317] positiv geprüfte Übergangskonstruktionen verwendet werden.

Übergänge von der Ortbetonschutzwand auf ESP, EDSP und DDSP gemäß [ARS 17/1996], bei denen der Übergang von der Ortbetonschutzwand auf das Stahlteil mit einem BSWF ausgeführt und keine ausreichend kraftschlüssige Verbindung zur Ortbetonwand hergestellt wurde, sollten analog den Zeichnungen im Dokument [Nachrüstung der Übergangskonstruktion nach den Ergänzungen zu den Richtlinien für passive Schutzeinrichtungen an Straßen (RPS), ARS 17/1996] auf der [Homepage der BAST] ausgeführt werden.

4.1.3 Ortbetonschutzwände mit offenen Fugen und geschädigter Bewehrung

Sanierungslösung für Betonschutzwände in Ortbetonbauweise (BSW O) mit geschädigter Bewehrung

Die Sanierungslösung bestand aus einem 3 mm dicken Kastenprofil aus Stahl, was auf den Kopf der Ortbetonschutzwand aufgebracht wird. Die Kastenprofile werden über die Stoßverbinder seitlich (6 seitliche Schrauben M16x25 8.8 je Stoß) miteinander verbunden und sie werden von oben mittels Verbundankerschrauben mit der Ortbetonschutzwand (4 Stück pro 5 m Element) verschraubt, um einen ausreichenden Verbund zu gewährleisten (Bild 4-108 bis Bild 4-110).

Aufgrund der unterschiedlichen Querschnitte der betroffenen Ortbetonschutzwände und Einbausituat-

tionen in der Praxis sollte bei den Anprallprüfungen die Ortbetonschutzwand (mit aufgebracht Sanierungslösung; siehe Bild 4-111 und Bild 4-112) auf-



Bild 4-110: Aufgebrachte Sanierungslösung; Quelle: DEKRA/BAST

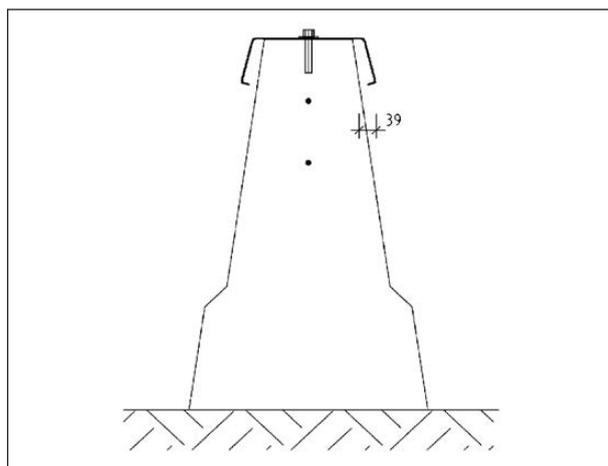


Bild 4-108: Verschraubung mit BSWO; Quelle: DEKRA



Bild 4-111: Übersicht BSWO mit aufgebrachter Sanierungslösung; Quelle: DEKRA

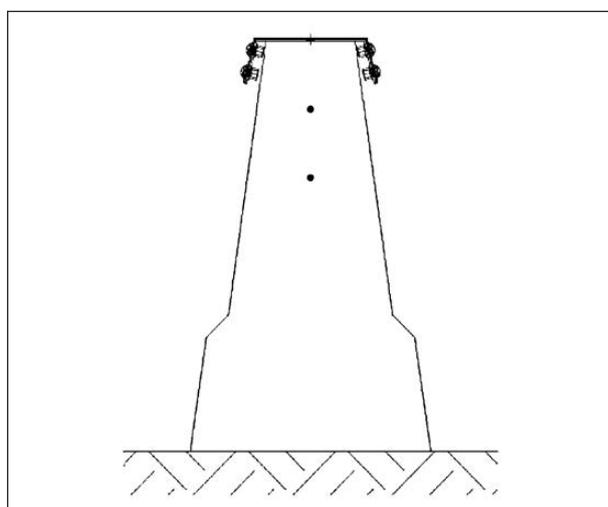


Bild 4-109: Seitliche Verschraubung der Kastenprofile; Quelle: DEKRA

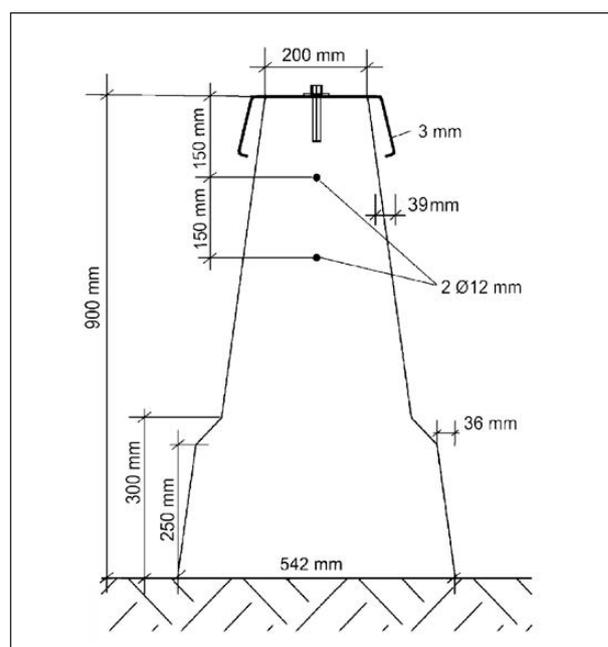


Bild 4-112: Auf Asphalt aufgestellte Step 90 mit aufgebrachter Sanierungslösung; Quelle: DEKRA

gebaut werden, die am häufigsten in der Praxis anzutreffen ist und/oder die geringste Aufhaltewirkung hat.

Am häufigsten wurde in den letzten Jahren die eingespannte Ortbetonschutzwand Step 90 mit 2 Ø 12 mm Bewehrung verbaut. Diese 0,9 m hohe Wand wurde für die Anprallprüfungen frei auf eine Asphaltbinderschicht aufgestellt über eine Länge von rund 80 m. In dieser Aufstellvariante erreicht die Wand aufgrund der fehlenden Einspannung die vergleichsweise geringste Aufhaltewirkung.

Um eine korrodierte Bewehrung zu simulieren, wurde im Bereich der Scheinfugen (alle 5 m), welche profilumlaufend geschnitten wurden, die Bewehrung komplett durchtrennt (Bild 4-113 und Bild 4-114).

- Prüftyp TB 11 (20°, 100 km/h, 0,9 t) – Versuch SH 14.37

Zur Ermittlung der Insassenbelastung und des Fahrzeugverhaltens beim Anprall, da es bspw. zum Ver-

haken des Fahrzeugs am Kastenprofil kommen kann, wurde ein Versuch mit einem Pkw durchgeführt. Der Anprallversuch erfolgte mit einem Peugeot 106 mit einer Versuchsmasse von 896 kg und einer tatsächlichen Geschwindigkeit von 101,7 km/h.

Das Fahrzeug prallte links mit Stoßfänger und Karosserie 1,07 m vor Fuge 5/6 (rund 1/3 der Länge der Schutzeinrichtung) unter einem Winkel von 20,1° an das System an. Das Versuchsfahrzeug wurde umgelenkt, rollte dabei um seine positive Längsachse und hob sich beifahrerseitig an. Das Fahrzeug löste sich nach nur 2,72 m in geneigter Position von der Schutzeinrichtung und rollte in dieser Lage weiter. Es fiel zurück in seine Fahrposition und rutschte, in einer von der Schutzeinrichtung wegdrehenden Bahn, in seine Endlage. Der Dummykopf durchschlug die Seitenscheibe, berührte die Schutzeinrichtung jedoch nicht (siehe Bild 4-115 und Bild 4-116).

Beim Anprall lösten sich weder wesentliche Teile des Systems, die zu einer Gefährdung anderer Ver-



Bild 4-113: Durchtrennen der Bewehrung; Quelle: DEKRA



Bild 4-114: Durchtrennte Bewehrung; Quelle: DEKRA



Bild 4-115: Fahrzeug am Anprallpunkt; Blick entgegen der Anfahrrichtung; Quelle: DEKRA



Bild 4-116: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 288 ms; Quelle: DEKRA

kehrsteilnehmer führen könnten, noch drangen Schutzeinrichtungsteile in das Fahrzeug ein.

Das Fahrzeug war nach dem Anprall nicht mehr fahrbereit. Die vordere linke Ecke des Fahrzeugs war eingedrückt und die vordere linke Achse aus dem Getriebe ausgerissen und nach vorne verschoben. Die A-Säule stellte sich auf und das Dach beulte sich infolgedessen ein. Die Fahrertür war im Dachbereich aufgebogen. Die komplette Fahrerseite wies auf Höhe der Schutzeinrichtung anprallbedingte Dellen, Beulen und Kratzspuren auf (siehe Bild 4-117 und Bild 4-118).

Aufgrund des Anpralls verschob sich das System nicht. Mit den Werten für die Insassenbelastung ASI 1,9 und THIV 32,9 km/h wird der Versuch in die Anprallheftigkeitsstufe C eingeordnet.

Insgesamt wurde der Versuch TB 11 an der Ort-betonschutzwand mit aufgebracht Sanierungs-lösung bestanden.



Bild 4-117: Übersicht über die Situation nach der Prüfung (Kontaktstrecke); Blick in Anfahrtrichtung



Bild 4-118: Schäden am Fahrzeug nach der Prüfung, Fahrzeug in Endstellung

- Prüftyp TB 51 (20°, 70 km/h, 13 t) – Versuch SH 14.38

Für den Anprallversuch wurde ein Mercedes Benz O 405 mit einer Versuchsmasse von 12.978 kg verwendet. Die tatsächliche Anprallgeschwindigkeit betrug 72,4 km/h.

Der Bus prallte 1,56 m vor Fuge 5/6 vorne links unter einem Winkel von 20,8° an das System an. Das Versuchsfahrzeug wurde umgelenkt und hob sich dabei beifahrerseitig leicht an. Das Fahrzeug verblieb mit seiner Front an der Schutzeinrichtung und drehte sich weiter um seine Hochachse bis es mit dem Heck an der Schutzeinrichtung anprallte und anschließend nach 11,56 m an Fuge 7/8 das System verließ (siehe Bild 4-119 bis Bild 4-126).

Entlang der gesamten Kontaktstrecke waren auf der Anprallseite deutliche Anprallspuren und damit einhergehende Deformationen am Kastenprofil



Bild 4-119: Fahrzeug am Anprallpunkt; Blick entgegen der Anfahrtrichtung



Bild 4-120: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 28 ms; Quelle: DEKRA



Bild 4-121: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 164 ms;
Quelle: DEKRA



Bild 4-124: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 700 ms;
Quelle: DEKRA



Bild 4-122: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 372 ms;
Quelle: DEKRA



Bild 4-125: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 948 ms;
Quelle: DEKRA



Bild 4-123: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 524 ms;
Quelle: DEKRA



Bild 4-126: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 1.196 ms;
Quelle: DEKRA

sowie Anprallspuren und Abplatzungen im Fußbereich an der Ortbetonschutzwand vorhanden. Einige Anker im Kopfbereich erfuhren eine Längsverschiebung. Die Verschraubungen im Stoßbereich wurden z. T. auch verschoben und es kam auch zum Einriss (Bild 4-128). Das Kastenprofil wurde an einigen Stößen etwas aufgebogen, tlw. auch im rückwärtigen Bereich. An der Ortbetonschutzwand wurden einige Fugen durch den Anprall geweitet und es waren z. T. auch Abplatzungen auf der anprallabgewandten Seite vorhanden. Außerdem kam es zu Rissbildungen (siehe Bild 4-127 bis Bild 4-129).

Die komplette Fahrerseite des Versuchsfahrzeugs wies auf Höhe der Schutzeinrichtung anprallbedingte Dellen, Beulen und Kratzspuren auf. Die vordere linke Ecke des Fahrzeugs war zudem eingedrückt und es fehlte beifahrerseitig die Windschutzscheibe (siehe Bild 4-130).

Für die maximale dynamische Durchbiegung wurde ein Wert von 0,7 m ermittelt und der Wert für die maximale seitliche Position des Systems betrug 1,2 m (Ende Element 5), was der Einstufung in die Wirkungsbereichsklasse W4 entspricht.

Insgesamt wurde der Versuch TB 51 vom System bestanden.

Zusammen mit dem Versuch TB 11 (SH 14.37) kann die geprüfte Konstruktion gemäß DIN EN 1317-1:2011-01 und DIN EN 1317-2:2011-01 mit DIN EN 1317-2 Ber 1:2011-08 in folgende Leistungsklassen eingestuft werden:

- Aufhaltestufe: H2,
- Anprallheftigkeitsstufe: C,



Bild 4-127: Durchbiegung der Schutzeinrichtung; Blick in Anfahrriichtung

- Wirkungsbereichsklasse: W4 ($\leq 1,3$ m),
- Klasse der normalisierten Fahrzeugeindringung: VI5 ($\leq 1,7$).



Bild 4-128: Schäden am Stoß der Kastenprofile 5/6 auf der Systemrückseite



Bild 4-129: Detailansicht Betonabplatzungen am Fuß der Elemente 5/6 auf der Anprallseite; Quelle: DEKRA



Bild 4-130: Schäden am Fahrzeug (Front) nach der Prüfung; Fahrzeug in Endstellung

Übertragung der Sanierungslösung auf andere Ortbetonschutzwände

Um zu überprüfen, ob die Versuchsergebnisse an der Ortbetonschutzwand Step 90 (Quellsystem) auch auf andere praxisrelevante Bauformen (Zielsysteme, siehe Bild 4-131 bis Bild 4-134) übertragen werden können, wurden u. a. weitere Versuche, sogenannte Stoßwagenversuche, durchgeführt.

Die Stoßwagenversuche dienen vor allem zur Beurteilung der Belastungsresistenz, welche den Anprall eines TB 51-Prüfzeugs simulieren sollten. Da sich mit den Stoßwagenversuchen nur statische Werte reproduzieren ließen, wurde anhand der realen Anprallversuche nach [DIN EN 1317] ein Korrekturfaktor berechnet, mit diesem die dynamischen

Werte abgeleitet werden konnten. Eine solche Korrektur, basierend u. a. auf Kalibrierversuchen, erfolgte auch bei der Anprallgeschwindigkeit und der Fahrzeugmasse, da nur ein 90°-Anprall möglich war. Insgesamt sollte der Stoßwagen mit einer Masse von 3.450 kg bei den Versuchen zweimal am gleichen Anprallpunkt mit 31 km/h anprallen, um jeweils den Front- und den Heckanprall des Busses bei der Prüfung TB 51 simulieren zu können. Durch eine vor der Ortbetonschutzwand im Anprallbereich platzierte Holzbarriere, wurde eine vertikale plane Anprallfläche geschaffen, womit eine übermäßiger Auftrieb des Stoßwagens verhindert und auch eine

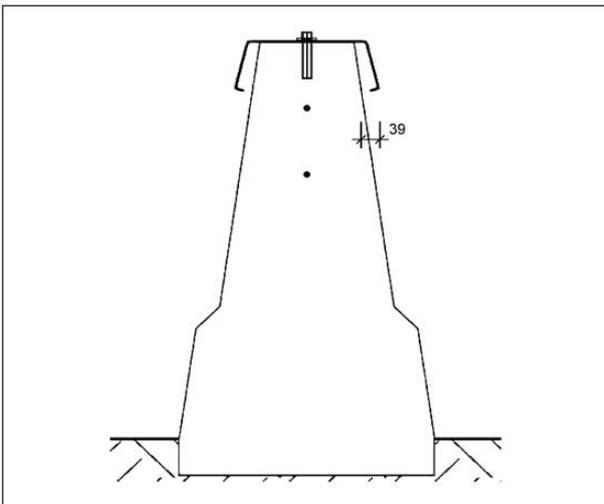


Bild 4-131: BSW O im Step 90 Profil mit 2 Ø 12 mm Bewehrung in 5 cm tiefer Asphaltnut eingespannt; Quelle: DEKRA

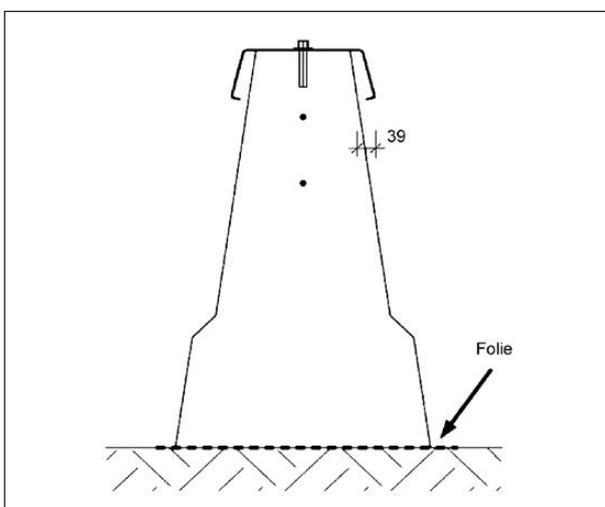


Bild 4-132: BSW O im Step 90 Profil mit 2 Ø 12 mm Bewehrung auf Folie aufgestellt; Quelle: DEKRA

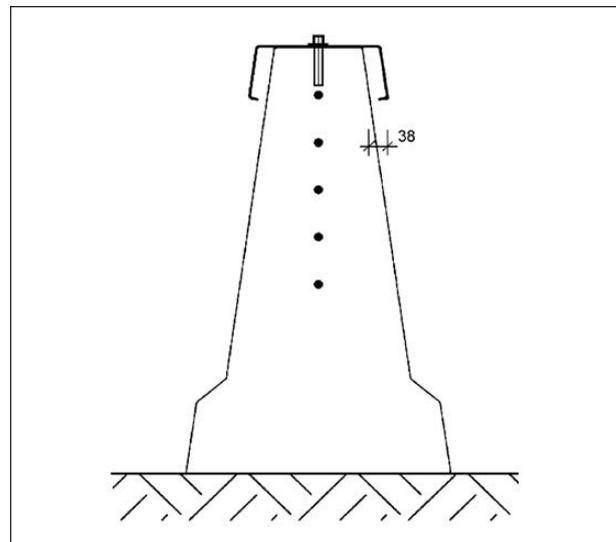


Bild 4-133: BSW O Softbaer mit 5 Ø 16 mm Bewehrung auf Schottertragschicht aufgestellt; Quelle: DEKRA

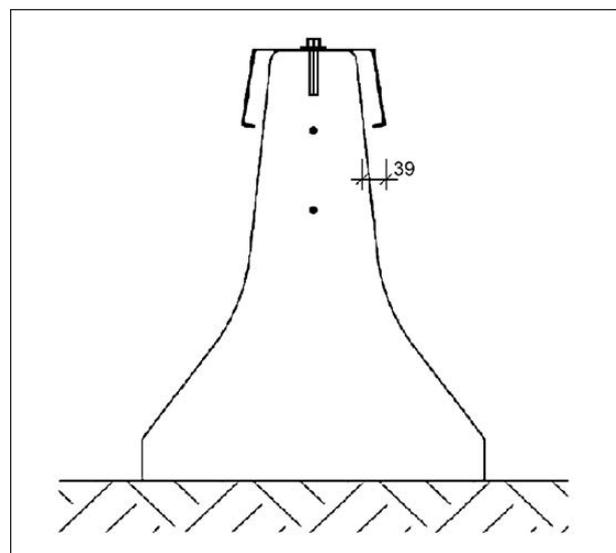


Bild 4-134: BSW O im New-Jersey-Profil mit 2 Ø 12 mm Bewehrung frei auf Asphalt aufgestellt; Quelle: DEKRA

vom Profil der Ortbetonschutzwand weitgehend unabhängige Lastverteilung erreicht wurde. Mit dieser Versuchsanordnung konnte somit ein realistisches Schadens- und Verschiebungsbild erzeugt werden.

Für die Stoßwagenversuche wurde eine zusammenhängende Ortbetonschutzwand mit abschnittsweise unterschiedlichen Bauformen (Zielsysteme) errichtet und die Sanierungslösung angebracht (siehe Bild 4-135 und Bild 4-136). Die Bewehrung wurde wie beim geprüften Quellsystem (Bild 4-113 und Bild 4-114) im Bereich der Scheinfugen (alle



Bild 4-135: Stellprobe Stoßwagenversuch an BSW O mit unterschiedlichen Bauformen und aufgebrachter Sanierungslösung; Quelle: DEKRA

5 m) komplett durchtrennt. Anschließend wurden die Belastungstests an den einzelnen Feldern durchgeführt.

Neben den Resultaten aus den Belastungsversuchen, wurden auch die Ergebnisse der ursprünglichen Anprallprüfungen nach [DIN EN 1317] an den verschiedenen Ortbetonschutzwänden (Zielsystemen), wie z. B. das Fahrzeugverhalten, für die Bewertung einer möglichen Übertragung herangezogen.

Auswertung Feld 5 New-Jersey-Profil

Das BSW O-Teilstück im New-Jersey-Profil hielt der Belastung der Stoßwagenversuche ohne erkenn- und messbare Verschiebung stand. Der Belastungsnachweis ist somit erbracht und im Vergleich mit dem ursprüngliche Anprallversuch aus ELLMERS, kann das System in die Wirkungsbereichsbereichsklasse W2 ($\leq 0,8$ m) eingeordnet werden.

In der ursprünglichen Prüfung an der Ortbetonschutzwand im New-Jersey-Profil (siehe ELLMERS) schmiegt sich das Prüffahrzeug TB 11 bis hinauf zur Oberkante an die Ortbetonschutzwand an (siehe Bild 4-138 und Bild 4-139). Der Stoßfänger des Fahrzeugs befindet sich dann etwa auf Höhe der Oberkante der BSWO. Mit der angebrachten Sanierungslösung ist es jedoch sehr wahrscheinlich, dass

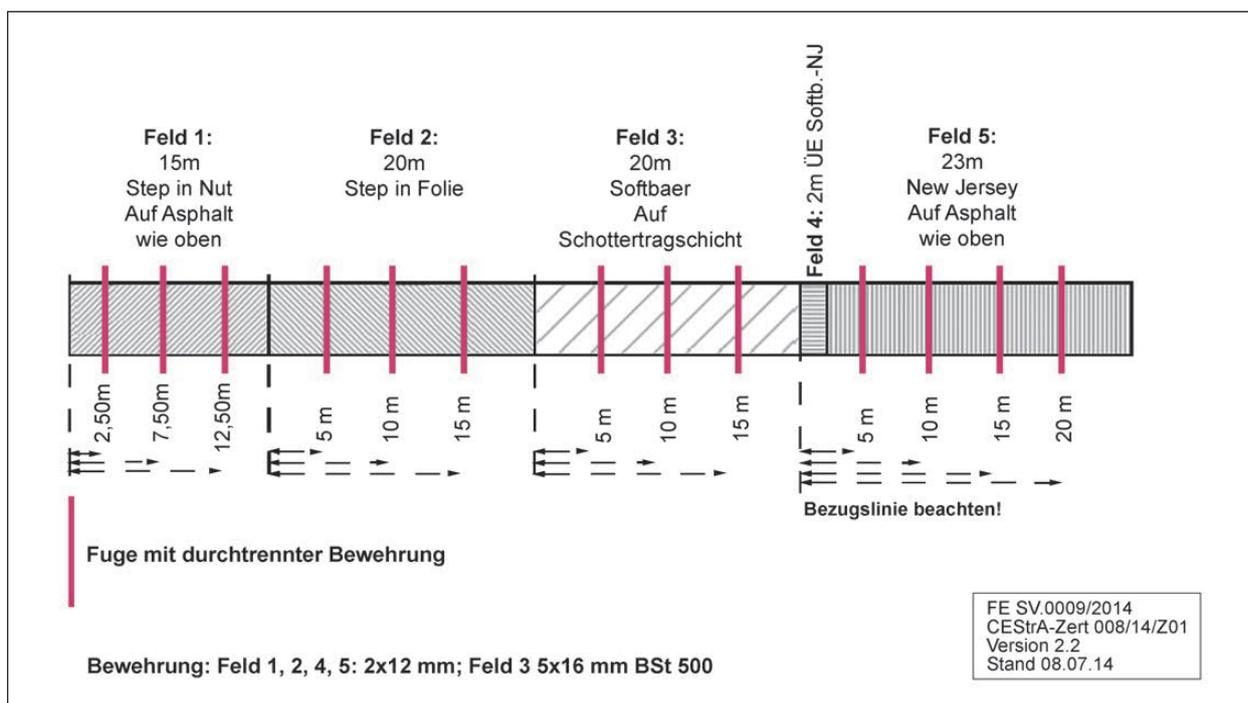


Bild 4-136: Übersicht über die BSW O mit verschiedenen Bauformen für Belastungstests; Quelle: DEKRA

das Fahrzeug am seitlichen Überstand der Sanierungslösung hängen bleiben würde, was einen Einfluss auf das Fahrzeugverhalten zur Folge hätte. Auch der Abgleich mit verschiedenen Sensordaten bestätigt ein erhöhtes Ansteigen beim New-Jersey-Profil und somit einer höheren Wahrscheinlichkeit zum Hängenbleiben.



Bild 4-137: BSW O im New Jersey Profil nach dem Belastungstest; Quelle: DEKRA



Bild 4-138: TB 11 an BSW O New Jersey (Versuch 1996 7B 24) gemäß ELLMERS – Ansicht von hinten



Bild 4-139: TB 11 an BSW O New Jersey (Versuch 1996 7B 24) gemäß ELLMERS – seitliche Ansicht

Beim TB 51 ist ein ähnliches Fahrzeugverhalten wie beim Step-Profil zu beobachten, sodass nicht zu erwarten ist, dass dies durch die Sanierungslösung beeinflusst wird.

Da auf Basis der vorliegenden Informationen jedoch keine sichere Aussage zum Fahrzeugverhalten bei der Prüfung TB 11 möglich ist, kann nicht sicher gesagt werden, ob alle Normanforderungen der [DIN EN 1317] mit aufgebrachtener Sanierungslösung bei der BSW O im New-Jersey-Profil erfüllt würden.

Auswertung Feld 3 Softbaer auf Schottertragschicht

Bei den Stoßwagenversuchen an der Softbaer auf Schottertragschicht kam es zu einer etwas höheren Belastung als vorgesehen, da sich das Zugseil beim zweiten Versuch nicht rechtzeitig gelöst hat und der Stoßwagen noch unter Zug durch das Zugfahrzeug in die BSWO hineingezogen wurde. Ein Durchbruch o. ä. erfolgte jedoch nicht. Der Belastungsnachweis ist somit erbracht. Aufgrund der gemessenen Werte konnte die Wirkungsbereichsklasse W6 ($\leq 2,1$ m) abgeleitet werden (siehe Bild 4-140).

Auch hier wurde ein mögliches Hängenbleiben des TB 11-Prüffahrzeugs, wie beim New-Jersey-Profil untersucht. Anhand verschiedener Messdaten und Auswertungen, wie bspw. der Fahrzeugbeschleunigung, kann geschlussfolgert werden, dass ein Aufsteigen des Fahrzeugs beim Softbaer-Profil sogar noch weniger durch die Sanierungslösung beeinträchtigt wird, als beim Step-Profil. Insgesamt kann daher von einem normge-



Bild 4-140: Softbaer auf Schotter nach dem Belastungstest; Quelle: DEKRA

rechten Fahrzeugverhalten beim TB 11 ausgegangen werden.

Beim Softbaer-Profil ist wie beim Step-Profil kein Auffahren auf den Sockel und kein Aufsteigen des Hecks bei Heckanprall zu beobachten. Hier ist vor allem die Auswirkung der größeren statischen Durchbiegung (1,12 m statt 0,09 m bei der ursprünglichen Prüfung an der Softbaer), ein mögliches Hängenbleiben des Fahrzeugs sowie ein mögliches Kippen der Ortbetonschutzwand zu untersuchen. Hinsichtlich der Durchbiegung können zum Vergleich verschiedene Schutzeinrichtungen aus Betonschutzwandfertigteilen herangezogen werden, da aufgrund der vollständigen Durchtrennung der Bewehrung alle 5 m eine ähnliche Bauweise vorliegt. Das Sanierungsprofil übernimmt dabei die Funktion der Verbindungselemente der BSWF. Die Ergebnisse dieser Schutzeinrichtungen aus Betonschutzwandfertigteilen haben ähnliche Werte in den Anprallprüfungen TB 51 gezeigt, wie bei dem Belastungstest ermittelt wurden und können somit als vergleichbar eingestuft werden. Anhand des Vergleichs verschiedener TB 51-Versuche, kann auch kein Hängenbleiben für das Softbaer-Profil mit angebrachter Sanierungslösung abgeleitet werden. Beim Belastungstest und bei der Prüfung TB 51 an der Sanierungslösung im Step-Profil war nur eine geringe Kippneigung zu beobachten. Insgesamt kann auch für eine Prüfung TB 51 von einem normgerechten Fahrzeugverhalten ausgegangen werden.

Hinsichtlich der Anprallheftigkeit kann die Anprallheftigkeitsstufe C übertragen werden, da der Wert aufgrund der größeren Durchbiegung eher positiv beeinflusst würde.

Auswertung Feld 2 Step-Profil auf Folie und Ableitung zusammen mit Feld 3 für Step auf Schottertragschicht

Aufgrund einer höheren Belastung von ca. 33 % durch den Stoßwagen als ursprünglich vorgesehen und den dadurch verursachten Riss des Sanierungsprofils, kann nicht beurteilt werden, ob die Bauform in Feld 2 (Step auf Folie) der Belastung eines H2-Anpralls gewachsen wäre oder nicht.

Der Aufbau auf Folie steht für eine vollständige Entkopplung vom Untergrund und damit für eine extreme, praxisferne Bauform. Für die praxisnähere Bauform BSW O im Step-Profil auf Schottertrag-

schicht werden daher im folgenden Abschnitt Teilergebnisse aus dem Gesamtprojekt herangezogen.

Für eine Aussage hinsichtlich der Übertragbarkeit auf das Step-Profil mit Sanierungslösung mit der Aufstellung auf Schotter können diese Belastungstests sowie die Belastungstests am Feld 3 (Softbaer auf Schotter) herangezogen werden.

Bei beiden Profilen, Step und Softbaer, ist das Verhalten des Busses bei der Prüfung TB 51 sehr ähnlich. Aufgrund der höheren Massenträgheit (Step Barrier 750 kg/m; Softbaer H2 bei 700 kg/m) und des höheren Fußprofils, welches eine etwas höhere Steifigkeit im Fugenbereich erwarten lässt, wird die Durchbiegung als tendenziell geringer als im Feld 3 eingeschätzt. Die dort ermittelte Wirkungsbereichsklasse W6 kann daher für diese Bauform übernommen werden. Für das Fahrzeugverhalten beim TB 51 gilt die analoge Argumentation wie für Feld 3, jedoch ohne den Rückschluss auf das ähnliche Verhalten bei Busanprall zwischen Step- und Softbaer-Profil, was im vorliegenden Fall identisch ist.

Auch wenn die Bauform mit der nach [DIN EN 1317] geprüften Ortbetonschutzwand im Step-Profil und Sanierungslösung identisch ist, so ist für die Bewertung der Prüfung TB 11 die geänderte Gründung wie in Feld 3 (Schottertragschicht statt Asphalt) zugrunde zu legen. Vergleicht man hier wieder verschiedene Schutzeinrichtungen aus Betonschutzwandfertigteilen, so können beim Anprall eines TB 11 einige Zentimeter Verschiebung auftreten, was jedoch beim Step-Profil nicht zu einer sichtbaren Veränderung des Fahrzeugverhaltens führt.

Auch hier kann die Anprallheftigkeitsstufe C übertragen werden, da der Wert aufgrund der größeren Durchbiegung eher günstiger beeinflusst würde.

Insgesamt kann von einem normgerechten Fahrzeugverhalten beim TB 11 sowie beim TB 51 ausgegangen werden.

Auswertung Feld 1 Step in Asphaltnut

Aufgrund der Beschädigungen des Stoßwagens konnten keine Belastungstests am BSW O-Abschnitt „Step in Asphaltnut“ durchgeführt werden. Für die Bewertung der Übertragbarkeit kann jedoch auch der Belastungstest in Feld 5 (New-Jersey-Profil) zusammen mit der Anprallprüfung nach [DIN EN



Bild 4-141: Asphaltnut für BSW O im Step-Profil;
Quelle: DEKRA

1317] an der Step 90 mit Sanierungslösung herangezogen werden (siehe Bild 4-141).

Aufgrund einer nahezu identischen Kopfeinspannung im Feld 1 und 5 und der stärkeren Fuß-einspannung in Feld 1 ist eine geringere Durchbiegung als bei der Ortbetonschutzwand im New-Jersey-Profil zu erwarten. Die Ergebnisse lassen auf eine Wirkungsbereichsklasse W1 (≤ 60 cm) zurückschließen.

Es kann von einem normgerechten Fahrzeugverhalten beim TB 11 ausgegangen werden, da das Profil mit der nach [DIN EN 1317] geprüften Ortbetonschutzwand mit Sanierungslösung identisch ist und die Fuß-einspannung keine Durchbiegung erwarten lässt, wie auch in der Anprallprüfung auf Asphalt. Auch die Anprallheftigkeitsstufe C kann übertragen werden, da das System durch die Fuß-einspannung unverschieblich bei der Prüfung TB 11 bleiben würde.

Ebenfalls kann bei der Prüfung TB 51 von einem normgerechten Fahrzeugverhalten ausgegangen werden, da der Sanierungsholm keinen erkennbaren Einfluss auf das Fahrzeugverhalten beim TB 51 hat. Auch die zu erwartende geringere Durchbiegung aufgrund der Fuß-einspannung scheint keinen großen Einfluss auf das Fahrzeugverhalten beim TB 51 zu haben, da sich die Fahrzeuge bei den Prüfungen TB 51 an der Step 90 ohne Sanierungslösung sowie mit Einspannung und der Step 90 mit Sanierungslösung sowie ohne Einspannung, ähnlich verhalten.

➤ Ergebnis und Einsatz für Ortbetonschutzwände mit offenen Fugen und geschädigter Bewehrung

Beide Anprallversuche nach [DIN EN 1317] sind erfolgreich verlaufen und es wurde gezeigt, dass die Aufhaltefähigkeit der Ortbetonschutzwand mit geschädigter oder durchtrennter Bewehrung durch die aufgebrauchte Stahlkonstruktion für den H2-Anprall wieder hergestellt werden kann.

Die Konstruktion kann gemäß der [Montageanleitung einer Sanierungslösung für Betonschutzwände in Ortbetonbauweise] auf der [Homepage der BAST] zur Nachrüstung bei folgenden Ortbetonschutzwänden verwendet werden, bei denen aufgrund undichter Scheinfugen eine Korrosion der Bewehrung eingetreten oder zu erwarten ist:

BSW O im Step 90 Profil mit 2 Ø 12 mm Bewehrung auf Schotter-tragschicht	H2/W6/C
BSW O im Step 90 Profil mit 2 Ø 12 mm Bewehrung in 5 cm tiefer Asphaltnut	H2/W1/C
BSW O Softbaer, H2 auf Schotter-tragschicht	H2/W6/C

Einzelne Risse, die wie Scheinfugen aufgeweitet und verfüllt wurden, könnten ebenfalls mit der Sanierungslösung überbrückt werden. Der Einsatz der Sanierungslösung ist jedoch abhängig vom Maß der Schädigung der BSW O. Der Grad der Schädigung, die Wirtschaftlichkeit sowie weitere Randbedingungen sind stets im Vorfeld zu untersuchen.

Im Einzelfall ist immer zu prüfen, ob nicht der Einsatz einer neuen positiv geprüften Schutzeinrichtung auch im Hinblick auf eine Erhöhung der Verkehrssicherheit zweckmäßig ist. Für den Neubau sollten stets andere, nach [DIN EN 1317] positiv geprüfte Schutzeinrichtungen verwendet werden.

Die Anwendung der Sanierungslösung für Ortbetonschutzwände im New-Jersey-Profil ist ohne weitere Anprallversuche nicht zu empfehlen.



Bild 4-142: Versuchsaufbau ESP 2.0

4.2 Anprallversuche für typische Situationen und fehlende Systeme in der Praxis

4.2.1 ESP 2.0 – Einfache Schutzplanke

Auf dem Prüfgelände wurde eine 60 m lange ESP 2.0 im B-Profil in das Erdreich gemäß [RAL-RG 620] (Zchg. Nr. S1.1-111) gerammt. Am Anfang und Ende war jeweils eine 12m-Regelabsenkung abgeschlossen (siehe Bild 4-142).

- Prüftyp TB 31 (20°, 80 km/h, 1,5 t) – Versuch 2009 7D 10

Der Anprallversuch erfolgte mit einem Mercedes Benz 200 TE mit einer Versuchsmasse von 1.500 kg und einer tatsächlichen Geschwindigkeit von 81,4 km/h (Bild 4-143).

Das Fahrzeug prallte mit der Stoßstange auf der Fahrerseite am Holm 6 (1,71 m nach Stoß 5/6) unter einem Winkel von 20,6° am System an. Beim Anprall ist das Fahrzeug in das System eingedrungen und verformte sich. Das System weichte dabei seitlich aus. Das Fahrzeug hat das System nach 7,29 m am Element 9 (0,91 m nach Stoß 8/9) parallel verlassen und begann um die Hochachse zu rotieren. Es kontaktierte dann erneut das System unter einem flacheren Winkel (Bild 4-149 und Bild 4-150). Mit dem Kontakt endete die Längsbewegung und das Fahrzeug begann erneut um die Hochachse zu rotieren. Es drehte sich dabei um ca. 90 Grad und blieb unter diesem Winkel zum System in seiner Endlage stehen (siehe Bild 4-144 bis Bild 4-149).

Die Beschädigungen durch den Primäranprall am System erstreckten sich auf die Holme 6 – 9 und die



Bild 4-143: Fahrzeug am Anprallpunkt; Blick entgegen der Anfahrtrichtung



Bild 4-144: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 12 ms; Quelle: DEKRA

dazugehörigen Systemteile (Pfosten, Stützbügel). Insgesamt lösten sich 6 Stützbügel durch den Anprall. Der Sekundäranprall beschädigte den Holm 11 und dazugehörige Systemteile. Es waren Anprallspuren in Form von Verformungen der Stützbügel, der Holme und der Pfosten sowie Kratz- und Schleifspuren vom Fahrzeug zu erkennen.



Bild 4-145: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 176 ms;
Quelle DEKRA



Bild 4-148: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 952 ms;
Quelle DEKRA



Bild 4-146: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 396 ms;
Quelle DEKRA



Bild 4-149: Sekundärprall – Ansicht von vorne t = 1.368 ms;
Quelle DEKRA



Bild 4-147: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 580 ms;
Quelle DEKRA



Bild 4-150: Sekundärprall – Ansicht von vorne t = 1.828 ms;
Quelle DEKRA

Das Fahrzeug war bedingt fahrbereit (fahrerseitige vordere Aufhängung stark nach hinten verbogen, dadurch blockierendes Vorderrad). Fahrerseitig gab es geringe Anprallspuren in Form von Kratzern und Dellen (siehe Bild 4-151 und Bild 4-153).

Die maximale dynamische Durchbiegung betrug 0,5 m und der Wert für die maximale seitliche Position des Systems betrug 0,6 m (Element 6/7), was der Einstufung in die Wirkungsbereichsklasse W1 entspricht. Die Werte für die Insassenbelastung be-



Bild 4-151: Durchbiegung der Schutzeinrichtung



Bild 4-152: Beschädigungen innerhalb der Kontaktstrecke



Bild 4-153: Schäden am Versuchsfahrzeug im Frontbereich nach Primär- und Sekundärprall

tragen beim ASI 0,9, für den THIV 17,2 km/h und für den PHD 13,6 g.

Insgesamt wurde der Versuch TB 31 vom System bestanden.

Zur Erreichung der Aufhaltstufe N1 ist ebenfalls ein TB 11 Versuch am System erforderlich. Dazu wird der Versuch TB 11 (1994 7D 02), der an der ESP 4.0 (B-Profil) durchgeführt wurde, herangezogen (siehe ELLMERS), gestützt durch Erfahrungen aus weiteren Anprallversuchen. Sowohl der Versuch TB 11 als auch der Versuch TB 31 werden in die Anprallheftigkeitsstufe A eingeordnet.

Zusammen mit dem Versuch TB 11 (1994 7D 02) kann die geprüfte Konstruktion gemäß DIN EN 1317-2:1998+A1:2006 sowie gemäß DIN EN 1317-2:2011-01 mit DIN EN 1317-2 Ber 1:2011-08 in folgende Leistungsklassen eingestuft werden:

- Aufhaltstufe: N1,
- Anprallheftigkeitsstufe: A,
- Wirkungsbereichsklasse: W1 ($\leq 0,6$ m).

Die ESP 2.0 hat in früheren Versuchen (ELLMERS) gezeigt, dass sie die Aufhaltstufe N2 erfüllt. Der Wirkungsbereich von 1,30 m ist dabei allerdings recht groß, sodass der Einsatz bei beengten Verhältnissen nach [RPS 2009] nicht möglich ist. Mit diesem Versuch sollte überprüft werden, um wie viel kleiner der Wirkungsbereich bei einer Anprallgeschwindigkeit von 80 km/h ist, um vor allem zu zeigen, dass eine Umrüstung im engen Bestand nicht zwingend erforderlich ist.

➤ Ergebnis und Einsatz bei beengten Platzverhältnissen auf Landstraßen

Der Anprallversuch TB 31 an der ESP 2.0 ist erfolgreich verlaufen und es wurde ein kleiner Wirkungsbereich von W1 ($\leq 0,6$ m) ermittelt.

Es konnte somit nachgewiesen werden, dass die ESP 2.0 auch bei beengten Platzverhältnissen (z. B. vor Bäumen) auf Landstraßen sicher eingesetzt werden könnte, sofern die zugelassene Höchstgeschwindigkeit 80 km/h beträgt und der Abstand zwischen der Vorderkante der ESP 2.0 und dem Hindernis größer als 0,6 m ist. Auch wenn die [RPS 2009] keine Schutzeinrichtungen mit der Aufhaltstufe N1 vorsieht, so müsste zumindest die ESP 2.0 im Bestand, die die Aufhaltstufe N2 nachgewiesen hat, unter den zuvor genannten Randbedingungen nicht ausgetauscht werden, um das gewünschte Sicherheitsniveau zu erhalten.

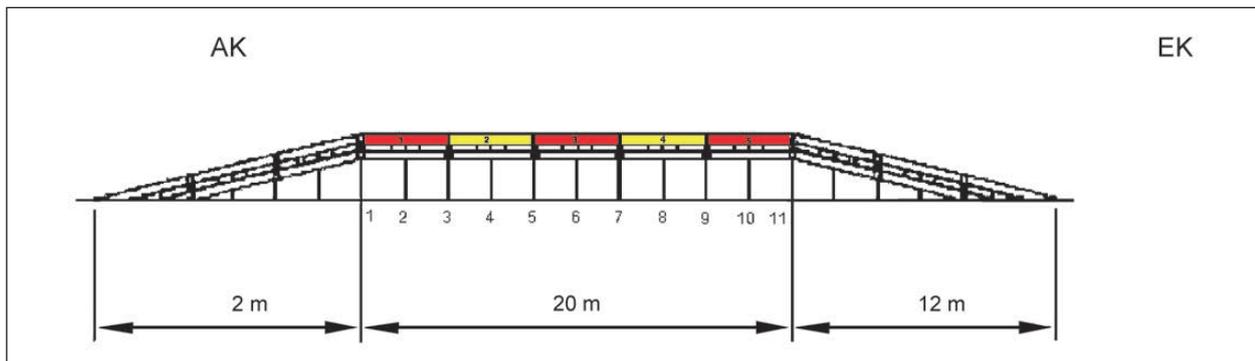


Bild 4-154: Übersicht Aufbau

Bild 4-155: KurzESP 2.0; Blick entgegen der Anfahrriichtung;
Quelle: TÜV Süd

Bild 4-156: Fahrzeug am Anprallpunkt; Blick entgegen der Anfahrriichtung

4.2.2 Standardschutzeinrichtungen mit einer kurzen Prüflänge

a) KurzESP 2.0 – Einfache Schutzplanke mit einer kurzen Prüflänge

Auf dem Prüfgelände wurde eine 20 m lange ESP 2.0 im B-Profil in das Erdreich gemäß [RAL-RG 620] (Zchg. Nr. S1.1-111) gerammt. Am Anfang und Ende war jeweils eine 12m-Regelabsenkung angeschlossen (siehe Bild 4-154 und Bild 4-155).

- Prüftyp TB 32 (20°, 110 km/h, 1,5 t) – Versuch 2011 7D 01

Der Anprallversuch erfolgte mit einem BMW 5/H mit einer Versuchsmasse von 1.474 kg und einer tatsächlichen Geschwindigkeit von 111,1 km/h.

Das Prüffahrzeug prallte am Element 2 (2,52 m vor Stoß 2/3), bei ca. 1/3 der Systemlänge unter einem Winkel von 20° an. Gleichzeitig mit dem Anprall setzte die gleichmäßige Umlenkung des Prüffahrzeuges in Richtung Systemaufstelllinie ein, ohne dabei größere Roll-, Nick-, oder Gierbewegungen zu machen. Nach einer gesamten Kontaktstrecke von 17,95 m verließ das Prüffahrzeug an der Absenkung (0,38 m vor Pfosten 13) das System bis es



Bild 4-157: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 1; Quelle: TÜV Süd

zum Stillstand kommt (siehe Bild 4-157 bis Bild 4-162).

Im Anprallbereich wiesen die Schutzplankenholme Deformationen und Kratzspuren auf. An den Pfosten 5 bis 11 lösten sich die Stützbügel vom System (SP-Holm). Diese Pfosten wurden außerdem in Anprallrichtung und leicht nach hinten verbogen.

Das Fahrzeug war nach dem Anprall nicht mehr fahrbereit. Neben der Deformation und den Kratz- und Schleifspuren der linken Fahrzeugseite war die



Bild 4-158: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 2; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-161: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 5; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-159: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 3; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-162: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 6; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-160: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 4; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-163: Schäden am Fahrzeug nach der Prüfung; Quelle: TÜV Süd

Fahrzeugfront (Scheinwerfer, Kühlergrill, Frontschürze, Stoßstange) zerstört sowie die linke Vorderradaufhängung stark verschoben und deformiert (siehe Bild 4-163).

Die maximale dynamische Durchbiegung betrug 1,0 m und der Wert für die maximale seitliche Position des Systems betrug 1,1 m (Element 3), was der Einstufung in die Wirkungsbereichsklasse W4 entspricht. Die Werte für die Insassenbelastung betragen beim ASI 0,6 und für den THIV 21 km/h (siehe Bild 4-164).



Bild 4-164: Durchbiegung der Schutzeinrichtung; Blick entgegen der Anfahrtrichtung

Insgesamt wurde der Versuch TB 32 vom System bestanden.

Zur Erreichung der Aufhaltstufe N2 wird der Versuch TB 11 (1994 7D 02), der an der ESP 4.0 durch-

geführt wurde (siehe ELLMERS), herangezogen. Diese Vorgehensweise ist durch Erfahrungen aus weiteren Anprallversuchen gestützt. Sowohl der Versuch TB 11 als auch der Versuch TB 32 werden in die Anprallheftigkeitsstufe A eingeordnet.

Zusammen mit dem Versuch TB 11 (1994 7D 02) kann die geprüfte Konstruktion gemäß DIN EN 1317-1:2011-01 und DIN EN 1317-2:2011-01 mit DIN EN 1317-2 Ber 1:2011-08 in folgende Leistungsklassen eingestuft werden:

- Aufhaltestufe: N2,
- Anprallheftigkeitsstufe: A,
- Wirkungsbereichsklasse: W4 ($\leq 1,3$ m).

Die Tabelle 4-1 zeigt eine Zusammenstellung der Ergebnisse und Anprallparameter der Prüfung TB 32 an der 20 m langen kurzESP 2.0 und der 60 m langen ESP 2.0 (siehe ELLMERS).



Bild 4-165: Anprall kurzESP 2.0 (Ansicht von hinten);
Quelle: TÜV Süd

Vergleicht man die beiden Prüfungen, so decken sich die Ergebnisse weitestgehend. Die etwas geringere Auslenkung der 20 m langen kurzESP 2.0 wird vermutlich aufgrund der kurzen Aufstelllänge und der damit verbundenen im Anprallfall stärker wirkenden Abspannung durch die beiden 12m-Regelabsenkungen erreicht. Auf die Wirkungsbereichsklasse hat dies jedoch keinen Einfluss.

Auch das Fahrzeug- und Systemverhalten (vergleiche Bild 4-165 und Bild 4-166) deckt sich größtenteils, auch hinsichtlich der Beschädigungen an den Schutzeinrichtungen selbst.



Bild 4-166: Anprall ESP 2.0 (Ansicht von hinten); Quelle: TÜV Süd

	kurzESP 2.0 (B-Profil)	ESP 2.0 (A-/B-Profil)
Prüfnummer TB 32	2011 7D 01	2000 7D 07 (aus ELLMERS)
Prüflänge	20 m + 2x12 m AEK	60 m + 2x12 m AEK
Anprallheftigkeit ASI/THIV	A (0,6/21 km/h)	A (0,6/21 km/h)*
Normalisierte Wirkungsbereichsklasse	W4 (1,1 m)	W4 (1,31 m A-Profil/1,33 m B-Profil*)
statische Durchbiegung	0,76 m	0,87 m
Normalisierte dynamische Durchbiegung	1,0 m	1,22 m A-Profil/1,24 m B-Profil*
Anprallpunkt	2,52 m vor Stoß 2/3 bei 1/3L (an den Pfosten)	1,73 m vor Stoß 6/7 bei 1/3L (an den Pfosten)
Kontaktstrecke	17,95 m	16,03 m
* aus Zertifizierung entnommen		

Tab. 4-1: Vergleich Anprallparameter und Ergebnisse der kurzESP 2.0 mit der ESP 2.0



Bild 4-167: KurzedSP 2.0; Blick in Anfahrriichtung

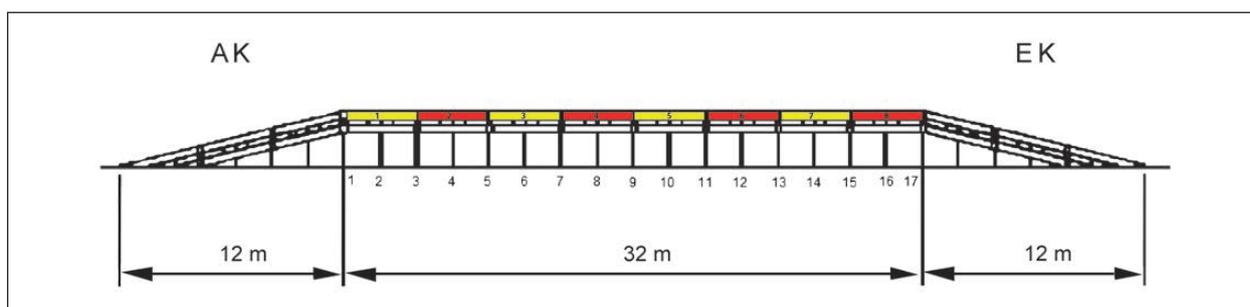


Bild 4-168: KurzedSP 2.0; Blick in Anfahrriichtung



Bild 4-169: Fahrzeug am Anprallpunkt in Anfahrriichtung vor der Prüfung; lateraler Blick auf die Systemrückseite; Quelle: TÜV Süd

b) KurzedSP 2.0 – Einfache Distanz-Schutzplanke mit einer kurzen Prüflänge

Auf dem Prüfgelände wurde eine 32 m lange EDSP 2.0 im B-Profil in das Erdreich gemäß [RAL-RG 620] (Zchg. Nr. S1.1-120) gerammt. Am Anfang und Ende war jeweils eine 12m-Regelabsenkung abgeschlossen (siehe Bild 4-167 und Bild 4-168).

- Prüftyp TB 42 (15°, 70 km/h, 10 t) – Versuch 2011 7D 02

Der Anprallversuch erfolgte mit einem MAN L87 mit einer Versuchsmasse von 10.040 kg und einer tat-

sächlichen Geschwindigkeit von 72,9 km/h (siehe Bild 4-169).

Das Prüffahrzeug prallte mit einer Geschwindigkeit von 72,9 km/h bei rund 1/3 der Länge der Schutzeinrichtung (2,41 m vor dem Elementübergang 3/4) an das System an. Mit dem Anprall begann die gleichmäßige Umlenkung in Richtung Systemverlauf. Eine moderate, negativ gerichtete Rollbewegung trat während der Umlenkung auf, wodurch kurzzeitig die Räder der rechten Fahrzeugseite den Kontakt zur Prüffläche verloren haben. Nach einer unauffälligen Umlenkung verließ das Prüffahrzeug nach einer Kontaktstrecke von 20,27 m am Element 8 geradlinig das System bis es in aufrechter und stabiler Fahrlage zum Stillstand kommt (siehe Bild 4-170 bis Bild 4-175).

Im Bereich der Kontaktstrecke wurden die Schutzplankeholme und der Abspanngurt sowie die Pfosten und Abstandhalter deformiert. Einige der Pfosten knickten soweit ab, dass die Verbindung vom Pfosten zum SP-Holm (über Abstandhalter) sich dabei löst. Am SP-Holm 7 war ein ca. 10 cm langer Einriss erkennbar (siehe Bild 4-176). Die Verbindungen der Hauptlängselemente untereinander blieben jedoch alle intakt.

Die Beschädigungen des Fahrzeugs bezogen sich hauptsächlich auf die vordere, linke Fahrzeugstruktur, welche leicht deformiert wurde. Dort war auch



Bild 4-170: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 1; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-173: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 4; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-171: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 2; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-174: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 5; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-172: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 3; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-175: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 6; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-176: Element 7 – eingerissener Holm; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-177: Detailansicht Schäden an Stoßstange und Scheinwerfer (Front Fahrerseite)



Bild 4-178: Durchbiegung der Schutzeinrichtung; Blick in Anfahrtrichtung

der Kotflügel gebrochen und der Frontstoßfänger sowie der Scheinwerfer zerstört (siehe Bild 4-177).

Die maximale dynamische Durchbiegung betrug 1,5 m und der Wert für die maximale seitliche Position des Systems beträgt 1,6 m (Element 11), was der Einstufung in die Wirkungsbereichsklasse W5 entspricht (siehe Bild 4-178 und Bild 4-179).

Insgesamt wurde der Versuch TB 42 vom System bestanden.

Zur Erreichung der Aufhaltstufe H1 ist ebenfalls ein TB 11 Versuch am System erforderlich. Dazu wird der Versuch TB 11 (1994 7D 11), der an der EDSP 2.0 durchgeführt wurde (siehe ELLMERS), herangezogen. Diese Vorgehensweise ist durch Erfahrungen aus weiteren Anprallversuchen gestützt. In dieser Prüfung TB 11 wurde ein ASI von A ermittelt.

Zusammen mit dem Versuch TB 11 (1994 7D 11) kann die geprüfte Konstruktion gemäß DIN EN 1317-1:2011-01 und DIN EN 1317-2:2011-01 mit DIN EN 1317-2 Ber 1:2011-08 in folgende Leistungsklassen eingestuft werden:

- Aufhaltstufe: H1,
- Anprallheftigkeitsstufe: A,
- Wirkungsbereichsklasse: W5 ($\leq 1,7$ m),
- Klasse der normalisierten Fahrzeugeindringung: VI6 ($\leq 2,1$).



Bild 4-179: Verformungen des Systems; Blick entgegen der Anfahrtrichtung

Die Tabelle 4-2 zeigt eine Zusammenstellung der Ergebnisse und Anprallparameter der Prüfung TB 42 an der 32 m langen kurzEDSP 2.0 und der 60 m langen EDSP 2.0 (siehe ELLMERS).

Vergleicht man die beiden Prüfungen, so decken sich die Ergebnisse weitestgehend. Die etwas höhere Durchbiegung bei der 32 m langen kurzEDSP 2.0 wirkt sich jedoch nicht auf die maximale seitliche

Position des Systems bzw. den Wirkungsbereich aus, die bzw. der mit der 60 m langen EDSP 2.0 identisch ist.

Auch das Fahrzeug- und Systemverhalten (vergleiche Bild 4-180 und Bild 4-181) deckt sich größtenteils, auch hinsichtlich der Beschädigungen an den Schutzeinrichtungen selbst.



Bild 4-180: Anprall kurzEDSP 2.0 (Ansicht von vorn);
Quelle: TÜV Süd



Bild 4-181: Anprall EDSP 2.0 (Ansicht von vorn); Quelle: TÜV Süd

	kurzEDSP 2.0 (B-Profil)	EDSP 2.0 (B-Profil)
Prüfnummer	2011 7D 02	1994 7D 10 (aus (ELLMERS))
Prüflänge	32 m + 2x12 m AEK	60 m + 2x12 m AEK
Normalisierte Wirkungsbereichsklasse	W5 (1,6 m)	W5 (1,65 m)*
statische Durchbiegung	1,30 m	1,18 m
Normalisierte dynamische Durchbiegung	1,5 m	1,29 m*
Klasse der normalisierten Fahrzeugein- dringung	VI6 (2,0 m)	VI7 (2,26 m)*
Anprallpunkt	0,28 m vor Pfosten 6	1,70 m nach Pfosten 9
Kontaktstrecke	20,27 m	26,5 m
* aus Zertifizierung entnommen		

Tab. 4-2: Vergleich Anprallparameter und Ergebnisse der kurzEDSP 2.0 mit der EDSP 2.0

➤ **Ergebnis und Einsatz bei kurzen Aufstelllängen im Zuge von Einmündungen, Kreuzungen sowie Wald- und Wirtschaftswegen auf Landstraßen oder vor Hindernissen**

KurzESP 2.0 (N2) → Der Anprallversuch TB 32 (Versuch 2011 7D 01) an der kurzESP 2.0 mit einer Länge von 20 m ist erfolgreich verlaufen und es wurde mit W4 der gleiche Wirkungsbereich wie bei der 60 m langen ESP 2.0 ermittelt.

KurzEDSP 2.0 (H1) → Der Anprallversuch TB 42 (Versuch 2011 7D 02) an der kurzEDSP 2.0 mit einer Länge von 32 m ist erfolgreich verlaufen und es wurde mit W5 der gleiche Wirkungsbereich wie bei der 60 m langen EDSP 2.0 ermittelt.

Aufgrund der Versuchsergebnisse konnte nachgewiesen werden, dass die beiden Systeme auch mit einer kürzeren Länge die gleiche Leistungsfähigkeit erreichen. Es wurde kein grundlegend anderes Fahrzeugverhalten beobachtet. Am Fahrbandrand auf Landstraßen ist der Einsatz dieser Systeme nun auch da möglich, wo aufgrund der örtlichen Gegebenheiten nicht mehr Platz zur Verfügung steht. In diesen Fällen ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Anforderungen an Hinterfahren und Aufgleiten aus der [RPS 2009] nicht eingehalten werden und es sich damit um Sonderlösungen handelt.



Bild 4-182: KurzESP BW 2.0; Blick in Anfahrriichtung

4.2.3 KurzESP 2.0 BW – Einfache Schutzplanke auf Bauwerk mit einer kurzen Prüflänge

Auf dem Prüfgelände wurde eine 12 m lange ESP 2.0 BW im B-Profil auf einer nachgebildeten Brückenkappe mit 4 % Neigung und in einem Abstand von 50 cm zum Schrammbord (von der Vorderkante des Systems aus gesehen) aufgebaut. Links und rechts war jeweils 8 m ESP gerammt angeschlossen. Am Anfang und Ende war jeweils eine 12m-Regelabsenkung angeschlossen (siehe Bild 4-182 und Bild 4-183).

Für die Befestigung auf dem Bauwerk wurde die Fußplatte mit 4 Schrauben im Bauwerk verankert. Der SIGMA-Pfosten wurde über eine Ronde mit 4 Schrauben auf der Fußplatte befestigt. Die vorderen (von der Fahrbahn aus gesehen) 2 Schrauben wurden mit konventionellen Stahlmuttern, die hinteren beiden Schrauben wurden mit Muttern aus Polyethylen befestigt (Bild 4-184). Pfosten und Holm



Bild 4-184: Befestigung auf Bauwerk

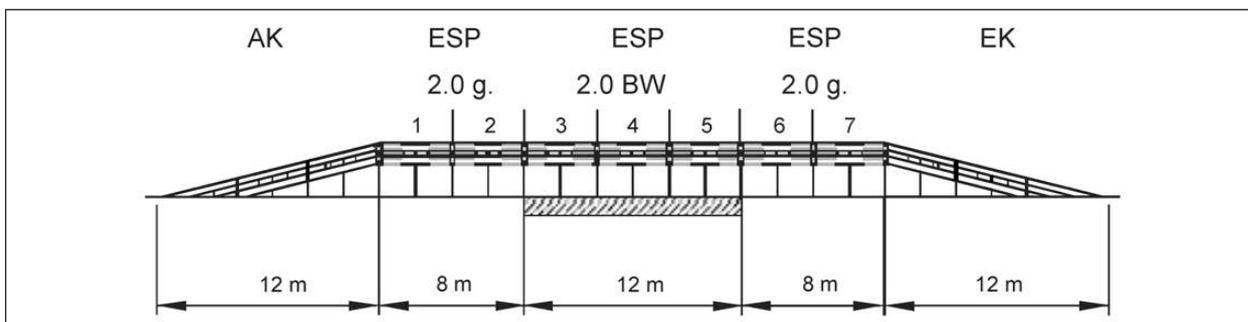


Bild 4-183: Übersicht Aufbau



Bild 4-185: Fußgängergleitschutz (Ansicht von hinten)



Bild 4-186: Fahrzeug am Anprallpunkt; Blick entgegen der Anfahrriichtung

wurden mit einer HRK-Schraube mit Nase M16 x 27; 4.6, mit Mutter ([RAL-RG 620], TL-Nr. 40.00) verbunden. Dabei war ein Pfosten SIGMA mit Fußplatte 250/300 Höhe 615 mm und Lochung für ESP BW verwendet worden. Die Montageanleitung steht zusammen mit den Prüfberichten auf der [Homepage der BAST] zum Download zur Verfügung. Zusätzlich wurde rückseitig ein Fußgängergleitschutz installiert (Bild 4-185).

Die gerammte ESP sowie die 12m-Regelabsenkung wurden gemäß [RAL-RG 620] aufgebaut.

Für den Einsatz auf Landstraßen wird in vielen Fällen die Installation eines Füllstabgeländers gefordert (Richtzeichnung Gel 4 gemäß [RIZ-ING]), sodass für beide Versuche im Bereich der 12 m Brückenkappe zusätzlich ein 1 m hohes Füllstabgeländer mit einer Länge von 10,80 m installiert wurde.

- Prüftyp TB 11 (20°, 100 km/h, 0,9 t) – Versuch 2012 7D 01

Der Anprallversuch erfolgte mit einem Fiat Uno mit einer Versuchsmasse von 924 kg und einer tatsächlichen Geschwindigkeit von 101,8 km/h (Bild 4-186).



Bild 4-187: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 1; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-188: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 2; Quelle: TÜV Süd

Das Prüffahrzeug prallte 0,12 m nach dem Elementübergang 3/4 unter einem Winkel von 19,6° mit der vorderen linken Fahrzeugfront an das System an. Unter Mitwirkung des Geländers wurde der Pkw zurückgehalten und in Richtung Systemflucht umgelenkt. Das Fahrzeug verließ das System am Element 6 nach 10,25 m und kam schließlich am Rande der Prüfstrecke aufrecht und stabil zum Stillstand (siehe Bild 4-187 bis Bild 4-192).

Durch den Anprall lösten sich im Bereich der Kontaktstrecke an 6 Pfosten die Verschraubungen zwischen den Fußplatten und den Pfosten. Des Weiteren wurden in diesem Bereich die Schutzplankenholme und die Fußgängergleitschutzelemente deformiert. Das Füllstabgeländer wurde leicht berührt (ohne Aufhaltewirkung), jedoch durch den Anprall nicht beschädigt.

Die Beschädigungen am Fahrzeug, welches nicht mehr fahrbereit ist, erstreckten sich über die kom-



Bild 4-189: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 3; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-192: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 6; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-190: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 4; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-193: Fahrzeug nach der Prüfung, Detailansicht Frontbereich Fahrerseite



Bild 4-191: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 5; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-194: Durchbiegung der Schutzeinrichtung

platte linke Fahrzeugseite, die Dellen und Deformationen aufweist. Des Weiteren waren hier der Scheinwerfer zerbrochen und der Frontstoßfänger sowie die Felge zerstört (Bild 4-193).

Die maximale dynamische Durchbiegung betrug 1,2 m (Element 5). Mit den Werten für die Insassenbelastung ASI 0,8 und THIV 16 km/h wird die Anprallheftigkeitsstufe A erfüllt.

Insgesamt wurde der Versuch TB 11 vom System bestanden.

- Prüftyp TB 32 (20°, 110 km/h, 1,5 t) – Versuch 2012 7D 02

Der Anprallversuch erfolgte mit einem BMW mit einer Versuchsmasse von 1.497 kg und einer tatsächlichen Geschwindigkeit von 111,1 km/h.

Für die Überprüfung verschiedener Halterungen für Aufsatzleitpfosten, wurden bei diesem Versuch insgesamt 3 Leitpfosten ergänzend am System befestigt. Die Bewertung dieser Halterungen ist nicht Inhalt dieses Berichtes. Die Aufsatzleitpfosten hatten keinen Einfluss auf das System- und Fahrzeugverhalten (Bild 4-195).

Das Prüffahrzeug prallte 0,22 m vor Elementübergang 3/4 unter einem Winkel von 19,9° an das System an. Das Fahrzeug drang in die nachgebende Stahlschutzeinrichtung ein und drückte die Schutzeinrichtung an das Geländer. Das Prüffahrzeug wurde von Schutzeinrichtung und Geländer zurückgehalten und in Richtung Systemflucht umgelenkt, wo es nach 12,66 m das System verlässt und am Rande des Prüffeldes in aufrechter und stabiler Fahrlage zum Stillstand kommt (siehe Bild 4-197 bis Bild 4-202).



Bild 4-195: Detailansicht System vor der Prüfung; Blick in Anfahrtrichtung und den zusätzlich angebrachten Aufsatzleitpfosten



Bild 4-196: Fahrzeug am Anprallpunkt; Blick entgegen der Anfahrtrichtung

Durch den Anprall lösten sich im Bereich der Kontaktstrecke wie beim TB 11 an 6 Pfosten die Verschraubungen zwischen den Fußplatten und den Pfosten. Des Weiteren wurden in diesem Bereich



Bild 4-197: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 1; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-198: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 2; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-199: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 3; Quelle: TÜV Süd

die Schutzplankenholme sowie die Fußgängergleitschutzelemente deformiert und ein Stützbügel hat sich gelöst. Das Füllstabgeländer neigte sich durch den Anprall nach hinten.

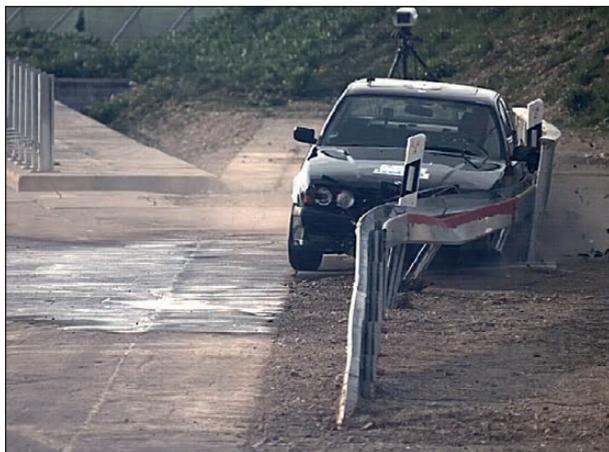


Bild 4-200: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 4; Quelle: TÜV Süd



Bild 4-201: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 5; Quelle: TÜV Süd

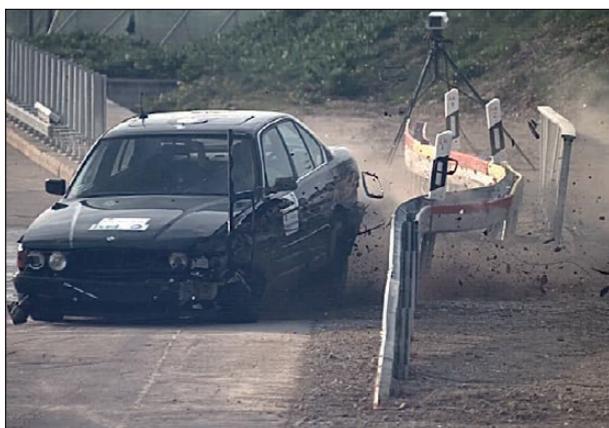


Bild 4-202: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 6; Quelle: TÜV Süd

Die Beschädigungen am Fahrzeug erstreckten sich über die komplette linke Fahrzeugseite, die Dellen sowie Kratz- und Schleifspuren aufwies. Des Weiteren war hier der Scheinwerfer zerbrochen, der Frontstoßfänger sowie die Felge vorne und hinten zerstört. Die Motorhaube wurde auch deformiert (siehe Bild 4-204 und 4-205).



Bild 4-203: Abprallpunkt am Holm 7 kurz nach dem Stoß der Holme 6 und 7; Blick entgegen der Anfahrriichtung; Quelle: TÜV Süd

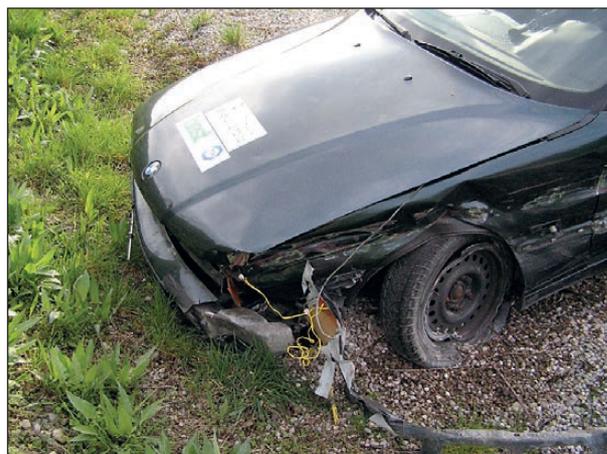


Bild 4-204: Fahrzeug nach der Prüfung, Detailansicht Frontbereich Fahrerseite



Bild 4-205: Schäden am Fahrzeug nach der Prüfung

Für die maximale normalisierte dynamische Durchbiegung wurden 1,4 m ermittelt (Bild 4-206) und der Wert für die maximale seitliche Position des Systems betrug 1,7 m (Element 5), was der Einstufung in die Wirkungsbereichsklasse W5 entspricht. Mit den Werten für die Insassenbelastung ASI 1,2 und THIV 15 km/h wird die Anprallheftigkeitsstufe B erfüllt.

Insgesamt wurde der Versuch TB 32 vom System bestanden.

Zusammen mit dem Versuch TB 11 (2012 7D 01) kann die geprüfte Konstruktion gemäß DIN EN 1317-1:2011-01 und DIN EN 1317-2:2011-01 mit DIN EN 1317-2 Ber 1:2011-08 in folgende Leistungsklassen eingestuft werden, wobei für die Ermittlung der Anprallheftigkeitsstufe der Versuch TB 32 (2012 7D 02) maßgebend ist:

- Aufhaltstufe: N2,
- Anprallheftigkeitsstufe: B,
- Wirkungsbereichsklasse: W5 ($\leq 1,7$ m).

➤ Ergebnis und Einsatz bei (kurzen Brücken) auf Landstraßen

Die Anprallversuche TB 11 und TB 32 an der kurz ESP 2.0 BW mit Füllstabgeländer sind erfolgreich verlaufen.



Bild 4-206: Durchbiegung der Schutzeinrichtung und des Geländers; Blick in Anfahrtrichtung; Quelle: TÜV Süd

Aufgrund der Versuchsergebnisse ist mit dem geprüften N2-System kurzESP 2.0 BW mit Füllstabgeländer eine geprüfte Lösung für kurze Bauwerke auf Landstraßen verfügbar.

4.3 Anprallversuche an Standard-ÜK und verlängerte Absenkung

4.3.1 Übergangskonstruktionen für die Verbindung von Standardschutzeinrichtungen

a) ÜK ESP 4.0 – EDSP 2.0

Es wurde auf dem Prüfgelände eine 8 m lange Übergangskonstruktion im B-Profil aufgebaut, welche die ESP 4.0 (24 m) und die EDSP 2.0 (28 m) verbindet. Am Anfang und Ende wurde jeweils eine 12m-Regelabsenkung angeschlossen (Bild 4-207 und Bild 4-208). Das Einbauhandbuch ist auf der [Homepage der BAST] veröffentlicht.

Nach DIN V ENV 1317-4 verläuft die kritische Anprallrichtung von der weicheren zur steiferen Schutzeinrichtung. In diesem Fall verläuft die Anprallrichtung von der Schutzeinrichtung mit der niedrigeren Aufhaltstufe (ESP 4.0 – N2) zur Schutzeinrichtung mit der höheren Aufhaltstufe (EDSP 2.0 – H1), vorausgesetzt, dass diese in der Prüfung mit der hohen Aufhaltstufe eine kleinere dynamische Durchbiegung aufwies. Dies ist gegeben, da die EDSP 2.0 mit der höheren Aufhaltstufe die gleiche Durchbiegung (1,3 m) aufweist wie die ESP 2.0 mit der niedrigeren Aufhaltstufe.



Bild 4-207: ÜK „ESP 4.00 – EDSP 2.0“ (Detailansicht)

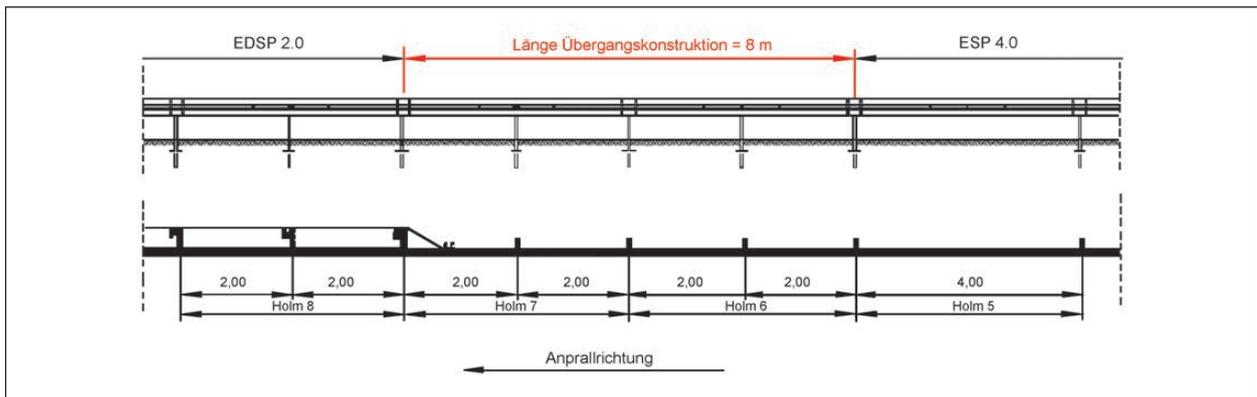


Bild 4-208: Übersicht Aufbau ÜK „ESP 4.0 – EDSP 2.0“



Bild 4-209: Fahrzeug am Anprallpunkt; Blick entgegen der Anfahrrichtung; Quelle: DEKRA

- Prüftyp TB 11 (20°, 100 km/h, 0,9 t) – Versuch 2009 7G 11

Der Anprallversuch erfolgte mit einem Citroën AX mit einer Versuchsmasse von 889 kg und einer tatsächlichen Geschwindigkeit von 102 km/h (Bild 4-209).

Das Prüffahrzeug prallte mit der linken Stoßstange 2,24 m nach Beginn der Übergangskonstruktion (Holm 6) unter einem Winkel von 19,6° am System an. Das Fahrzeug drang in das System ein und verformte sich, das System wich dabei seitlich aus. Nach 9,65 m verließ es dann parallel das System und begann um die Hochachse zu rotieren, sodass es am Element 15 erneut das System unter einem flacheren Winkel kontaktierte (Bild 4-216). Mit dem Kontakt endete die Längsbewegung und das Fahrzeug begann erneut um die Hochachse zu rotieren. Es drehte sich dabei um ca. 135 Grad und blieb unter diesem Winkel zum System in seiner Endlage stehen (siehe Bild 4-210 bis Bild 4-216).



Bild 4-210: Anprallvorgang – Ansicht von oben t = 32 ms; Quelle: DEKRA



Bild 4-211: Anprallvorgang – Ansicht von oben t = 88 ms; Quelle: DEKRA



Bild 4-212: Anprallvorgang – Ansicht von oben t = 148 ms; Quelle: DEKRA



Bild 4-213: Anprallvorgang – Ansicht von oben t = 228 ms;
Quelle: DEKRA



Bild 4-214: Anprallvorgang – Ansicht von oben t = 348 ms;
Quelle: DEKRA



Bild 4-215: Anprallvorgang – Ansicht von oben t = 440 ms;
Quelle: DEKRA



Bild 4-216: Sekundärprall – Ansicht von vorne t = 1.912 ms;
Quelle: DEKRA



Bild 4-217: Durchbiegung der Schutzeinrichtung;
Quelle: DEKRA



Bild 4-218: Schäden am Fahrzeug nach der Prüfung und
Sekundärprall; Quelle: DEKRA

Die Beschädigungen des Primärpralls erstreckten sich über die gesamte Kontaktstrecke, wo Kratz- und Schleifspuren vom Fahrzeug zu erkennen sind sowie Verformungen der Stützbügel, der Holme und der Pfosten auftraten. Insgesamt lösten sich 2 Stützbügel und 2 Pfosten lösten sich vom Holm (Bild 4-217).

Das Fahrzeug, welches nur noch bedingt fahrbereit war, hatte ab der A-Säule fahrerseitig geringe Beschädigungen (Kratzer, Dellen). Die linke vordere Aufhängung war jedoch stark nach hinten verbogen und dadurch wurde das Vorderrad blockiert (Bild 4-218).

Die maximale dynamische Durchbiegung betrug 0,6 m (Element 5). Mit den Werten für die Insassenbelastung ASI 0,8, THIV 21,1 km/h und PHD 10,7 g wird die Anprallheftigkeitsstufe A erfüllt.

Insgesamt wurde der Versuch TB 11 vom System bestanden.

- Prüftyp TB 32 (20°, 110 km/h, 1,5 t) – Versuch 2009 7G 12

Der Anprallversuch erfolgte mit einem Ford Mondeo mit einer Versuchsmasse von 1.432 kg und einer tatsächlichen Geschwindigkeit von 110,8 km/h.



Bild 4-219: Fahrzeug am Anprallpunkt; Blick entgegen der Anfahrtrichtung; Quelle: DEKRA



Bild 4-220: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 72 ms; Quelle: DEKRA

Das Fahrzeug prallte 2,26 m nach Beginn der Übergangskonstruktion mit der linken Stoßstange unter einem Winkel von $19,7^\circ$ am System an. Das Fahrzeug drang in das System ein und verformte sich, wobei das System seitlich auswich. Nach 12,3 m verließ das Fahrzeug parallel das System und rutschte auf seiner Bahn weiter bis zum angrenzenden Acker, rotierte, drehte sich dabei um ca. 90 Grad und blieb unter diesem Winkel zum System in seiner Endlage stehen (siehe Bild 4-220 bis Bild 4-225).

Die Beschädigungen am System durch den Anprall erstreckten sich über die gesamte Kontaktstrecke, wo Kratz- und Schleifspuren vom Fahrzeug zu erkennen waren und es wurden Stützbügel, Holme und Pfosten verformt. An 2 Stellen hatte sich der Abstandshalter gelöst, sodass dort auch die Pfosten nicht mehr mit dem System verbunden waren. Mehrere Pfosten hatten sich durch den Anprall nach hinten geneigt, wobei 5 Pfosten stark abgeknickt wurden (siehe Bild 4-226).



Bild 4-221: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 180 ms; Quelle: DEKRA



Bild 4-222: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 264 ms; Quelle: DEKRA



Bild 4-223: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 368 ms; Quelle: DEKRA



Bild 4-224: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 524 ms;
Quelle: DEKRA



Bild 4-225: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 724 ms;
Quelle: DEKRA



Bild 4-226: Schäden im Bereich der Holme 7 – 9

Durch den Anprall waren wie beim TB 11 ab der A-Säule fahrerseitig nur geringe Beschädigungen zu erkennen (Kratzer, Dellen). Jedoch hat sich fahrerseitig die vordere Aufhängung stark nach hinten verbogen und der Reifen hat sich von der Felge gelöst (Bild 4-227).

Für die maximale normalisierte dynamische Durchbiegung wurden 1,3 m ermittelt (Bild 4-228) und der Wert für die maximale seitliche Position des Sys-



Bild 4-227: Schäden auf der Fahrerseite nach der Prüfung



Bild 4-228: Durchbiegung der Schutteinrichtung und Fahrzeug in Endstellung

tems betrug 1,5 m (Element 7/8), was der Einstufung in die Wirkungsbereichsklasse W5 entspricht. Mit den Werten für die Insassenbelastung ASI 0,9, THIV 18,3 km/h und PHD 11,6 g wird die Anprallheftigkeitsstufe A erreicht.

Insgesamt wurde der Versuch TB 32 vom System bestanden.

Auch der Versuch TB 11 an der Übergangskonstruktion wurde in die Anprallheftigkeitsstufe A eingeordnet.

Zusammen mit dem Versuch TB 11 (Versuch 2009 7G 11) kann die geprüfte 8 m lange Übergangskonstruktion im B-Profil gemäß DIN V ENV 1317-4:2001 sowie DIN EN 1317-1:1998 und DIN EN 1317-2:1998+A1:2006 in folgende Leistungsklassen eingestuft werden:

- Aufhaltestufe: N2,
- Anprallheftigkeitsstufe: A,
- Wirkungsbereichsklasse: W5 ($\leq 1,7$ m).

b) ÜK ESP 2.0 – EDSP 2.0

Im Vergleich zur Übergangskonstruktionen „ESP 4.0 – EDSP 2.0“ verringert sich bei der Übergangskonstruktion „ESP 2.0 – EDSP 2.0“ lediglich der Pfostenabstand der angeschlossenen Schutzeinrichtung ESP von 4 m auf 2 m. Die Länge der Übergangskonstruktion selbst verringert sich dadurch von 8 m auf 4 m (Bild 4-229).

Für die Beurteilung der Übertragbarkeit der Prüfergebnisse der geprüften Übergangskonstruktionen „ESP 4.0 – EDSP 2.0“ auf die ungeprüfte Übergangskonstruktion „ESP 2.0 – EDSP 2.0“ sind u. a. die Leistungseigenschaften der geprüften Übergangskonstruktion selbst sowie der angeschlossenen bzw. anzuschließenden Schutzeinrichtungen heranzuziehen (siehe Tabelle 4-3).

Wie Tabelle 4-3 entnommen werden kann, unterscheiden sich die Leistungsdaten der ESP 4.0 und der ESP 2.0 bei identischer Aufhaltestufe N2 nicht wesentlich.

Grundsätzlich wird die Verhaltensweise der Übergangskonstruktion durch die Modifizierung nicht verändert, da sich lediglich der Pfostenabstand ändert, dieser aber bereits beim Quellsystem integriert war und der Übergang somit identisch ist. Hinsicht-

lich der Anprallheftigkeit wurde die Lage der Anprallpunkte nochmal näher betrachtet, woraus resultiert, dass kein anderes Ergebnis bei einem verschobenen Anprallpunkt beim TB 11 zu erwarten wäre.

In der Anprallprüfung wurde ein Wirkungsbereich von W5 für die Übergangskonstruktion „ESP 4.0 – EDSP 2.0“ ermittelt. In der modifizierten Form ist kein höherer Wirkungsbereich als W5 zu erwarten, da der Anprallpunkt des TB 32 beim Quellsystem bereits im weicheren Bereich der Übergangskonstruktion (Pfostenabstand 2 m) lag und somit den ungünstigsten Fall abbildet. Man kann davon ausgehen, dass der Wirkungsbereich der modifizierten Übergangskonstruktion in W5 eingestuft werden kann.

In der Anprallprüfung der Übergangskonstruktion „ESP 4.0 – EDSP 2.0“ wurde mit einem ASI von 0,9 die Anprallheftigkeitsstufe A erreicht. Da dieser Wert im Grenzbereich zu B liegt ($ASI\ A \leq 1,04$) und der kritische Anprallpunkt bei der Übergangskonstruktion „ESP 2.0 – EDSP 2.0“ in Bezug auf die Anprallheftigkeit eher in Richtung EDSP 2.0 liegen würde, ist die Anprallheftigkeitsstufe der EDSP 2.0 zu betrachten. Mit einem ASI von 0,97 liegt die EDSP 2.0 ebenfalls im Grenzbereich zu B. Es ist jedoch aufgrund des Ergebnisses bei der EDSP 2.0 davon

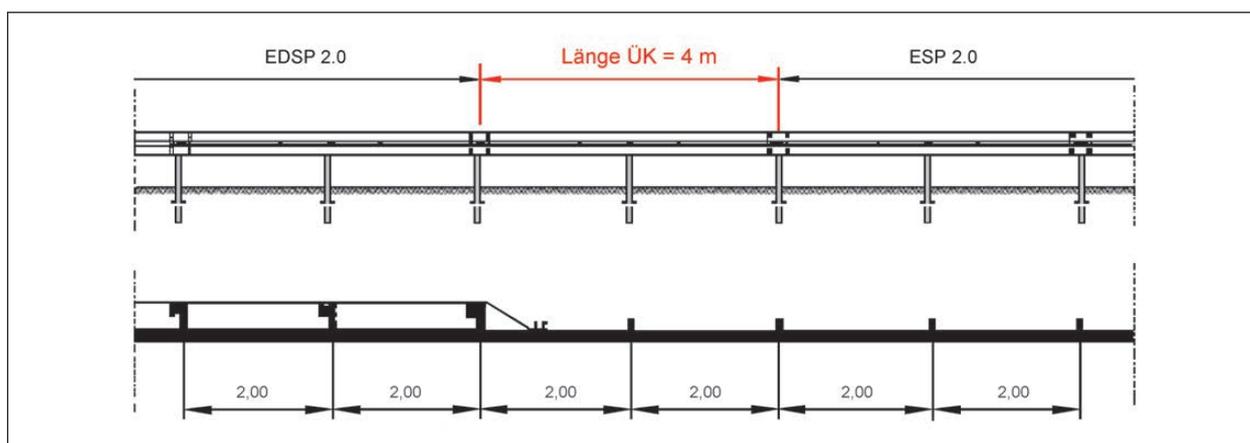


Bild 4-229: Übersicht ÜK „ESP 2.0 – EDSP 2.0“

	ESP 4.0	ESP 2.0	ÜK „ESP 4.0 – EDSP 2.0“	EDSP 2.0
Aufhaltestufe	N2	N2	N2	H1
Anprallheftigkeit ASI/THIV/PHD	A	A	A (0,9/21,5 km/h/11,6 g)	A (0,97/ 19,2 km/h/13,1 g)
Wirkungsbereichsklasse	W5 (1,7 m)	W4 (1,3 m)	W5 (1,5 m)	W5 (1,7 m)
Dyn. Durchbiegung	1,6 m	1,3 m	1,3 m	1,3 m

Tab. 4-3: Leistungseigenschaften der angeschlossenen Schutzeinrichtungen und der geprüften ÜK

auszugehen, dass der ASI bei der modifizierten Übergangskonstruktion „ESP 2.0 – EDSP 2.0“ noch in der Anprallheftigkeitsstufe A liegen wird. Dies wird auch aus den Erkenntnissen aus den Anprallprüfungen der Standardschutzeinrichtungen gestützt, deren Anprallheftigkeit immer in der Stufe A lagen. Somit wird im vorliegenden Fall die Anforderung der [RPS 2009] (2.3 (5)), dass die Anprallheftigkeitsstufe einer Übergangskonstruktion nicht höher sein sollte als eine der Stufen der zu verbindenden Schutzeinrichtungen, erfüllt, da die Übergangskonstruktion und die angeschlossenen Schutzeinrichtungen mit ASI A die gleiche Anprallheftigkeitsstufe aufweisen.

Durch die Verringerung des Pfostenabstandes werden keine Auswirkungen auf die Leistungseigenschaften der Übergangskonstruktion erwartet. Ferner ist die Anbindung an die Übergangskonstruktion gleich, sodass auch durch diesen Punkt kein Einfluss auf die Wirkungsweise der Übergangskonstruktion zu erwarten ist. Auch die Verläufe des TB 11 und des TB 32 sind bei den angeschlossenen

Schutzeinrichtungen ESP 4.0 (beim Quellsystem) und ESP 2.0 (beim Zielsystem) selbst sehr ähnlich (bspw. leichtes Verhaken und Bruch der linken Vorderachse). Daher wird davon ausgegangen, dass sich bei der modifizierten Übergangskonstruktion sowohl Fahrzeug- als auch Systemverhalten nicht nennenswert ändern werden.

- Simulation des dynamischen Anprallvorgangs

Ergänzt werden die zuvor beschriebenen theoretischen Betrachtungen mit numerischen Simulationsberechnungen der beiden Übergangskonstruktionen (Quell- und Zielsystem).

Im ersten Schritt wurde ein Simulationsmodell der geprüften Übergangskonstruktion „ESP 4.0 – EDSP 2.0“ (Quellsystem) entwickelt und anhand der Anprallprüfungen 2009 7G 11 (TB 11) und 2009 7G 12 (TB 32) validiert.

Eine qualitative Gegenüberstellung von Anprallversuch und Simulation der TB 11- und TB 32-Prüfungen zeigen Bild 4-230 und Bild 4-231.



Bild 4-230: TB 11-Anprallprüfung (links) und dazugehörige Simulation (rechts) an der Übergangskonstruktion „ESP 4.0 – EDSP 2.0“

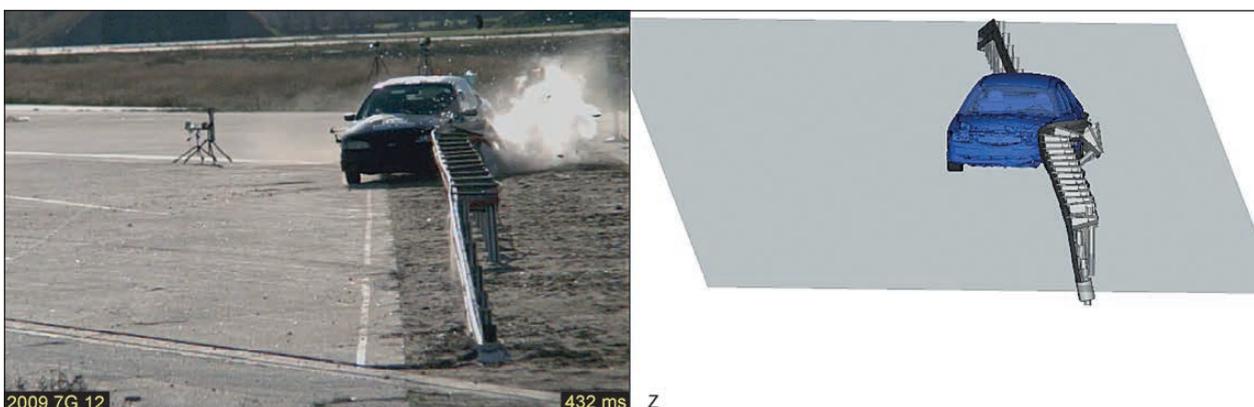


Bild 4-231: TB 32-Anprallprüfung (links) und dazugehörige Simulation (rechts) an der Übergangskonstruktion „ESP 4.0 – EDSP 2.0“

Die ermittelten Leistungsdaten der TB 11- und TB 32-Prüfung sind in der Tabelle 4-4 und dargestellt und dokumentieren den vorliegenden Validierungsstand des Simulationsmodells.

Die Simulationsmodelle haben einen für die nachfolgenden qualitativen Einschätzungen ausreichenden Validierungszustand.

Im zweiten Schritt erfolgt anhand eines mit zusätzlichen Pfosten modifizierten Simulationsmodells die Simulation von Anprallprüfungen an die modifizierte Übergangskonstruktion „ESP 2.0 – EDSP 2.0“ (Zielsystem).

Als Grundlage für die Überprüfung der Übertragbarkeit wurde das zuvor beschriebene Simulationsmodell der Übergangskonstruktion „ESP 4.0 – EDSP 2.0“ (Quellsystem) verwendet. In diesem Modell wurde ausschließlich der Pfostenabstand der angeschlossenen Schutzeinrichtung ESP von 4 m auf 2 m reduziert.

Da die für die Übergangskonstruktion „ESP 4.0 – EDSP 2.0“ (Quellsystem) gewählten Anprallpunkte bei der Übergangskonstruktion „ESP 2.0 – EDSP 2.0“ (Zielsystem) außerhalb der Übergangskonstruktion liegen würden, wurde zum Teil die Lage der Anprallpunkte angepasst. Alle anderen Prüfbedingungen wurden von der Übergangskonstruktion „ESP 4.0 – EDSP 2.0“ (Quellsystem) übernommen.

- Simulierte TB 11-Prüfung an der modifizierten Übergangskonstruktion „ESP 2.0 – EDSP 2.0“ (Zielsystem)

Bei der Simulation der TB 11-Prüfung wird vor allem die Anprallheftigkeit überprüft. Aus diesem Grund wird der Anprallpunkt am Ende der Übergangskonstruktion, nämlich kurz vor den Steifigkeitswechsel verschoben. Der Anprallpunkt in der Nähe des Pfostens der steiferen EDSP 2.0 wird hinsichtlich der Anprallheftigkeit als maßgebend bewertet.

In der Simulation der Übergangskonstruktion „ESP 2.0 – EDSP 2.0“ (Zielsystem) prallt das TB 11-Fahrzeug 3,63 m nach Beginn der Übergangskonstruktion unter einem Normwinkel von 20° und der Normgeschwindigkeit von 100 km/h am System an. Das Fahrzeug dringt in das System ein und verformt es. 13,8 m entfernt vom Anfang der Übergangskonstruktion löst sich das Fahrzeug vom System ab.

Die Beschädigungen des Systems erstrecken sich über die gesamte Kontaktstrecke von 10,65 m. Insgesamt 6 Pfosten verformen sich unter der Anprallbelastung, wobei 2 Pfosten vom System abgelöst und 2 Pfosten abgeknickt werden.

Das Fahrzeugverhalten und die beobachteten Fahrzeugbeschädigungen sind trotz des ver-

Übergangskonstruktion ESP 4.0 – EDSP 2.0	TB 11		TB 32	
	Prüfung	Simulation	Prüfung	Simulation
Normalisierte dynamische Durchbiegung D_N [m] ¹	0,60	0,76	1,34	1,15
Normalisierter Wirkungsbereich W_N [m] ¹	0,80	0,96	1,54	1,40
Wirkungsbereichsklasse	W2	W3	W5	W5
Kontaktstrecke [m]	9,65	9,27	12,3	15,00
Anprallheftigkeitsstufe	A	A	A	A
ASI [-]	0,8 ²	0,96 ³	0,9 ²	0,64 ³
THIV [km/h]	21,1	21,5	18,3	0,28

¹ Die Simulation wurde nicht mit den in der Anprallprüfung ermittelten Werten für Anprallgeschwindigkeit und -winkel sondern gemäß Normangaben durchgeführt. Zu Vergleichszwecken werden sowohl für die Anprallprüfung als auch für die Simulation die normalisierte dynamische Durchbiegung und der normalisierte Wirkungsbereich (maximale seitliche Position des Systems) gemäß DIN EN 1317-2 Berichtigung 1: 2011 angegeben (Werte wurden berechnet).

² Sensor ist auf dem Halter gemäß ([DIN EN 1317]) 1998

³ Der Sensor ist die Projektion der CG auf den Tunnel gemäß ([DIN EN 1317]) 2010, aber gefiltert gemäß ([DIN EN 1317]) 1998

Tab. 4-4: Leistungsdaten der TB 11-Prüfung an der Übergangskonstruktion „ESP 4.0 – EDSP 2.0“

schobenen Anprallpunktes vergleichbar (siehe Bild 4-232 und Bild 4-233). Die in der Simulation ermittelten Werte für den ASI von 0,91 und den THIV von 18,3 km/h sind in der gleichen Größenordnung verglichen mit den Werten der Simulation der ÜK „ESP4.0 – EDSP 2.0“ (ASI=0,96; THIV=21,49 km/h). und liegen beide in der Anprallheftigkeitsstufe A.

- Simulierte TB 32-Prüfung an der modifizierten Übergangskonstruktion „ESP 2.0 – EDSP 2.0“ (Zielsystem)

Für die Simulation des TB 32 wurden alle Prüfbedingungen einschließlich des Anprallpunktes der Übergangskonstruktion „ESP 4.0 – EDSP 2.0“ (Quellsystem) beibehalten, auch wenn der

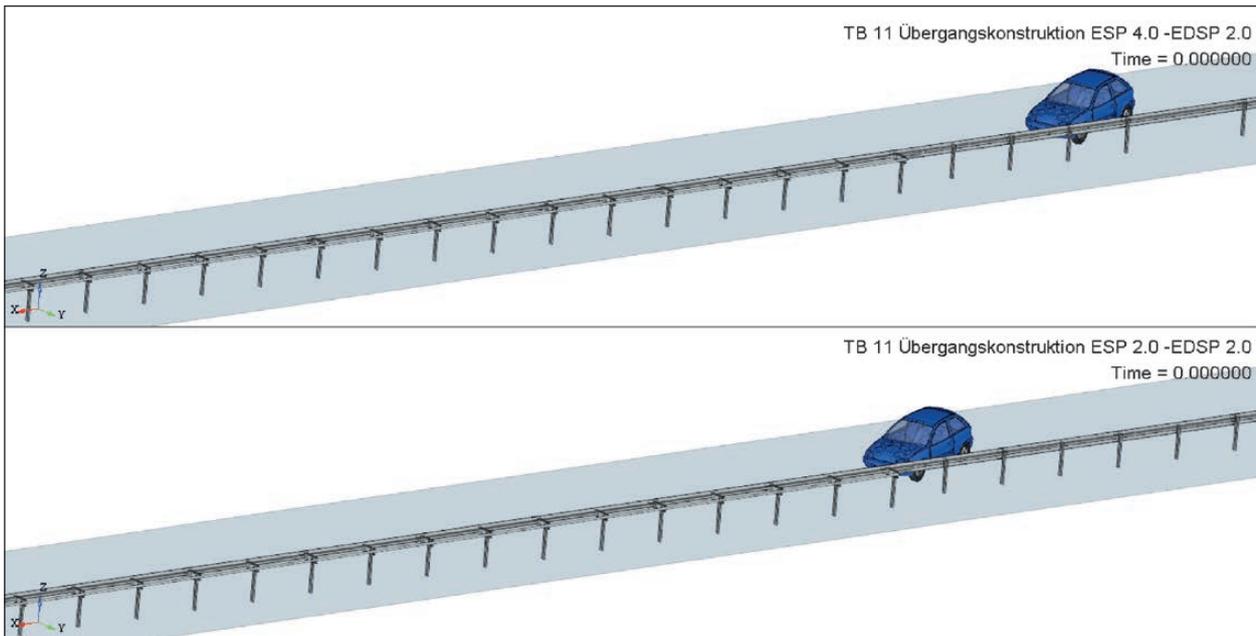


Bild 4-232: Vergleich der TB 11-Anprallvorgänge an ÜK ESP 4.0 – EDSP 2.0 (oben) und ÜK ESP 2.0 – EDSP 2.0 (unten) bei $t = 0,0 \text{ s}$

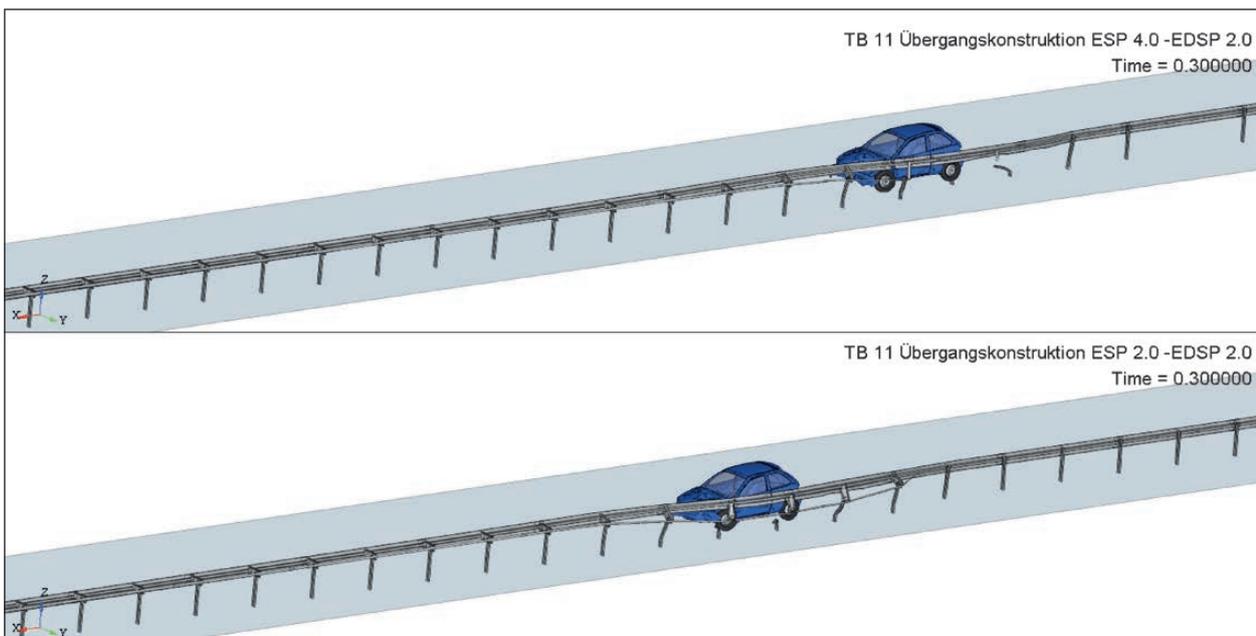


Bild 4-233: Vergleich der TB 11-Anprallvorgänge an ÜK ESP 4.0 – EDSP 2.0 (oben) und ÜK ESP 2.0 – EDSP 2.0 (unten) bei $t = 0,3 \text{ s}$

Anprallpunkt damit außerhalb der Übergangskonstruktion „ESP 2.0 – EDSP 2.0“ (Zielsystem) liegt, da dieser Punkt auch hier als maßgebend angesehen wurde.

In der Simulation lösen sich bei der Übergangskonstruktion „ESP 2.0 – EDSP 2.0“ (Zielsystem) fünf Pfosten (Pfosten 7-1 bis Pfosten 9-1) sowie die Stützbügel 7-1 und 7-2 vom System, während sich bei der Übergangskonstruktion „ESP 4.0 – EDSP 2.0“ (Quellsystem) sowohl in der Simulation als auch in der Anprallprüfung nur die Pfosten 7-1 bis Pfosten 8-2 ablösen. Insgesamt erstrecken sich die Verformungen der beiden simulierten Übergangskonstruktionen bis zum Anfang des Elementes 10 auf einer vergleichbaren Kontaktstrecke.

Es stellt sich ein zur geprüften Variante weitgehend vergleichbares Fahrzeug- und Systemverhalten ein (siehe Bild 4-234 und Bild 4-235). Während die normalisierte Durchbiegung in beiden Simulationen 1,15 m beträgt, tritt in der Simulation der ÜK „ESP 2.0 – EDSP 2.0“ (Zielsystem) ein um 12 cm größerer Wirkungsbereich mit identischer Wirkungsbereichsklasse auf, der jedoch wiederum mit dem Wert in der realen Anprallprüfung an der „ESP 4.0 – EDSP 2.0“ (Quellsystem) fast identisch ist. Die Anprallheftigkeit ist bei nahezu unveränderten Werten ebenfalls in die Stufe A einzuordnen.

In der Tabelle 4-5 werden die in der Anprallprüfung und den Simulationen ermittelten Leistungsdaten der Übergangskonstruktionen ESP 4.0 – EDSP 2.0

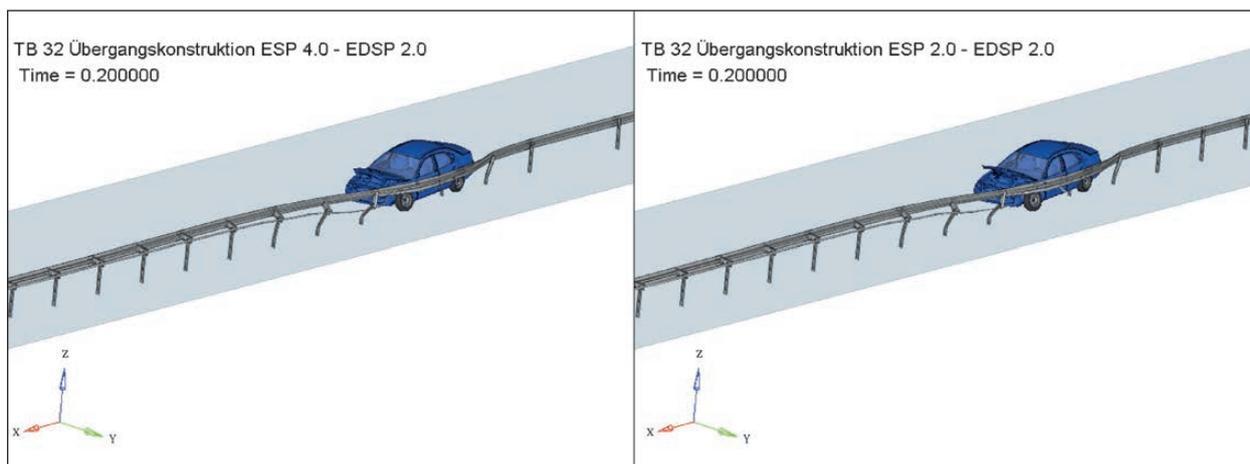


Bild 4-234: Vergleich der TB 32 Anprallvorgänge an ÜK ESP 4.0 – EDSP 2.0 (links) und ÜK ESP 2.0 – EDSP 2.0 (rechts) bei $t = 0$ s

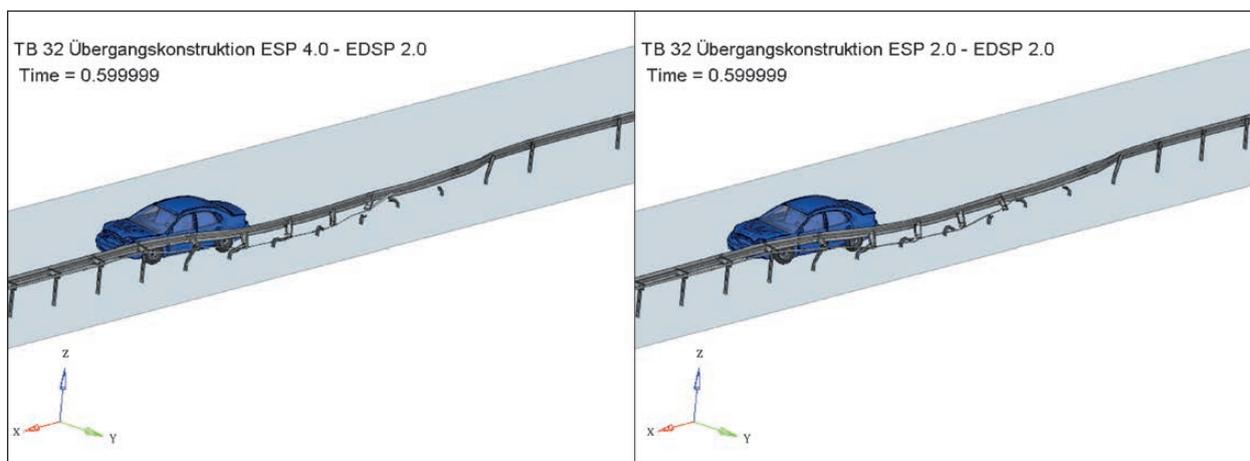


Bild 4-235: Vergleich der TB 32 Anprallvorgänge an ÜK ESP 4.0 – EDSP 2.0 (links) und ÜK ESP 2.0 – EDSP 2.0 (rechts) bei $t = 0,6$ s

(Quellsystem) und ESP 2.0 -EDSP 2.0 (Zielsystem) zusammengefasst.

- Anprallheftigkeitsstufe: A,
- Wirkungsbereichsklasse: W5 ($\leq 1,7$ m).

Ergebnis

Nach Abwägung der relevanten Kriterien und auf Grundlage der durchgeführten Simulationen kann die Übergangskonstruktion „ESP 2.0 – EDSP 2.0“ mit einem verringerten Pfostenabstand der angeschlossenen Schutzeinrichtung ESP gegenüber der ÜK „ESP 4.0 – EDSP 2.0“ als vergleichbar eingestuft werden.

Insgesamt können die Prüfergebnisse der Übergangskonstruktion „ESP 4.0 – EDSP 2.0“ auf die Übergangskonstruktion „ESP 2.0 – EDSP 2.0“ übertragen werden. Es werden jedoch lediglich die Einstufungen (hier: Aufhaltestufe, Anprallheftigkeitsstufe, Wirkungsbereichsklasse) übertragen und nicht die einzelnen Werte.

Die 4 m lange Übergangskonstruktion „ESP 2.0 – EDSP 2.0“ kann gemäß DIN V ENV 1317-4:2001 sowie DIN EN 1317-1:1998 und DIN EN 1317-2:1998+A1:2006 in folgende Leistungsklassen eingestuft werden:

- Aufhaltestufe: N2,

➤ Ergebnis und Einsatz von Übergangskonstruktionen von Standardschutzeinrichtungen

Die Anprallversuche TB 11 und TB 32 an der ÜK „ESP 4.0 – EDSP 2.0“ sind erfolgreich verlaufen. Die ÜK „ESP 2.0 – EDSP 2.0“ kann aufgrund der überprüften Kriterien unterstützt durch die numerische Simulation in die gleichen Leistungsklassen eingestuft werden.

Aufgrund der Ergebnisse können die beiden Übergangskonstruktionen „ESP 4.0 – EDSP 2.0“ und „ESP 2.0 – EDSP 2.0“ im A- und B-Profil zur Verbindung der entsprechenden Standardschutzeinrichtungen verwendet werden.

4.3.2 Absenkung (16 m) für EDSP 2.0

Die 16 m lange Anfangs- und Endkonstruktion wurde gemäß Bild 4-236 im B-Profil auf dem Prüfgelände aufgebaut und zusätzlich wurde eine EDSP 2.0 über 20 m Länge angeschlossen (siehe auch Bild 4-237). Die Sigma-Pfosten wurden in sandigen Kiesboden gerammt. Die ersten 4 Pfosten hatten

Leistungsdaten und Kontaktstrecke (TB 11 bzw. TB 32)		Anprallprüfung ÜK ESP 4.0 – EDSP 2.0	Simulation ÜK ESP 4.0 – EDSP 2.0	Simulation ÜK ESP 2.0 – EDSP 2.0
		Quellsystem		Zielsystem
Normalisierte dynamische Durchbiegung D_N [m]	TB 11	0,60	0,76	0,86
	TB 32	1,34	1,15	1,15
Normalisierter Wirkungsbereich W_N [m]		W5 (1,54)	W5 (1,40)	W5 (1,52)
Anprallheftigkeitsstufe (ASI/THIV [km/h])		A (0,9/21,1)	A (0,96/21,5)	A (0,91/18,3)
Kontaktstrecke [m]	TB 11	9,65	9,27	10,65
	TB 32	12,3	15,0	15,34

Tab. 4-5: Überblick über die ermittelten Leistungsdaten

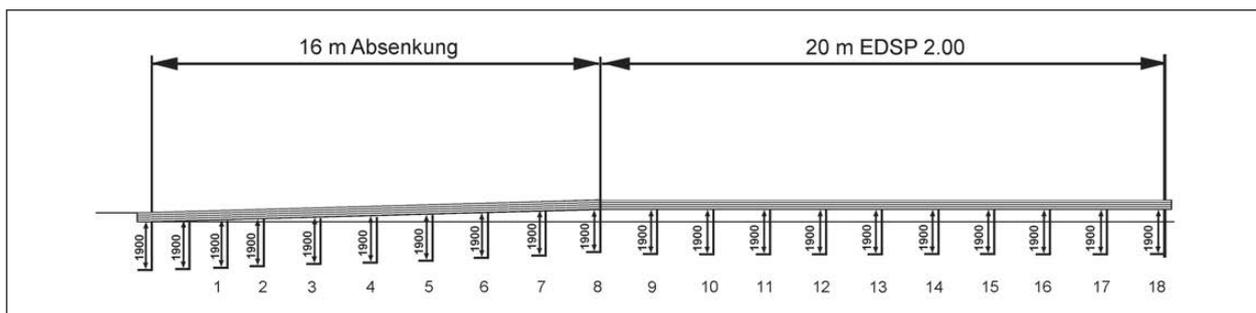


Bild 4-236: Übersicht Aufbau Absenkung (16 m)

dabei eine Länge von 1,49 m, die folgenden 6 Pfosten waren 1,90 m lang. Der Pfostenabstand im ersten Segment mit montiertem Kopfstück betrug 1,33 m und an den anderen Elementen jeweils 2,0 m. Die ersten 8 Pfosten wurden direkt mit dem Schutzplankenholm verschraubt und ab dem 7. Pfosten (gemäß Bild 4-236) wurden ein Abstandhalter und eine Pfostenklaue zwischen Pfosten und SP-Holm montiert.

- Prüftyp TT 2.1.100 (frontal, $\frac{1}{4}$ versetzt zur Fahrbahnseite, 100 km/h, 0,9 t) – Versuch 2011 7T 04

Für den Anprallversuch wurde ein Fiat Uno mit einer Versuchsmasse von 920 kg und der Anfahrweg 2 (Bild 4-238) verwendet.

Das Prüffahrzeug prallte mit einer Geschwindigkeit von 102,9 km/h, unter einem Versatz von $\frac{1}{4}$ der Fahrzeugbreite zur Fahrbahnseite hin, frontal 2,74 m vor Element 1/2 auf die Absenkung und fährt infolgedessen auf diese auf. Dabei hat es mit der rechten Seite Fahrbahnkontakt behalten und folgte



Bild 4-237: Übersicht über die montierte AEK; Blick in Anfahr- richtung

mit den linken Rädern dem Anstieg der Absenkung. Im weiteren Verlauf verlor das rechte Vorderrad aufgrund des Anstieges kurzfristig den Kontakt zur Fahrbahn. In dieser Schräglage fuhr der Pkw mit einer leichten Drift zur Fahrbahnseite komplett auf die Absenkung auf. Nach 23,34 m verließ das Prüffahrzeug am Element 6/7 das System (siehe Bild 4-239 bis Bild 4-247).

An der Teststreckenbegrenzung kam das Prüffahrzeug zu einem Sekundärprall, was jedoch keinen Einfluss auf die Versuchsauswertung hatte, und kam anschließend zum Stillstand.

Außer Kratz-, Schleif- und Reifenspuren ließen sich am System keine messbaren Veränderungen durch den Anprall feststellen (siehe Bild 4-248 und Bild 4-249).

Bis auf die Entlüftung des linken Vorderreifens und der Verformung der Felge waren weitere Schäden am Prüffahrzeug auf den Sekundärprall zurück-



Bild 4-239: Fahrzeug am Anprallpunkt in Anfahr- richtung; Blick seitlich auf die Systemrückseite

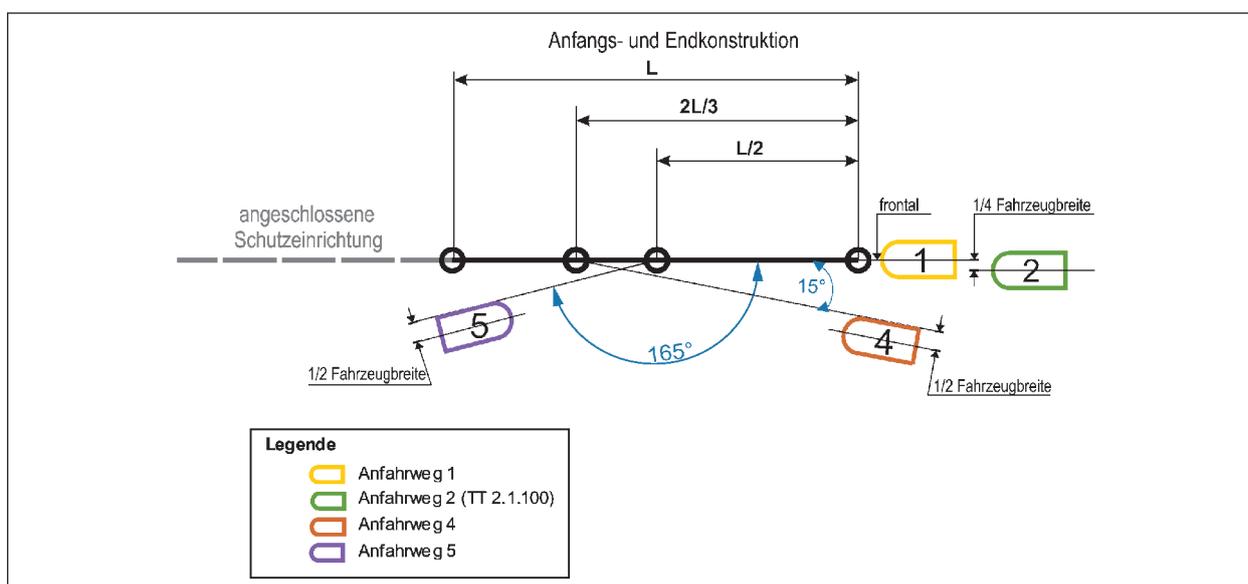


Bild 4-238: Anfahrwege nach DIN V ENV 1317-4



Bild 4-240: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 1



Bild 4-244: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 5



Bild 4-241: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 2



Bild 4-245: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 6



Bild 4-242: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 3



Bild 4-246: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 7



Bild 4-243: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 4



Bild 4-247: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 8

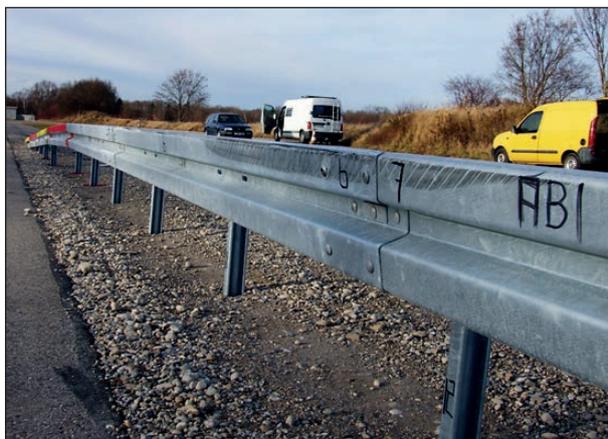


Bild 4-248: Abprallpunkt und Reifenspuren



Bild 4-249: Detailansicht der Reifenspuren auf dem Distanzstück 8

zuführen und fanden bei der Beurteilung der Beschädigungen keine Berücksichtigung (siehe Bild 4-250 und Bild 4-251).

Es gab durch den Anprall keine Durchbiegung am System. Da keine seitliche Auslenkung auf der Anprallseite (D_a) und keine seitliche Auslenkung auf der Abprallseite (D_d) vorhanden war, ist die Prüfung in die Klasse der dauerhaft seitlichen Auslenkung $x1/y1$ einzuordnen. Die Klasse des Abprallbereiches wird aufgrund der Fahrzeugbewegung in Z_1 eingestuft.

Mit den Werten für die Insassenbelastung ASI 0,2, THIV 8 km/h und PHD 1 g wird die Anprallheftigkeitsstufe A erfüllt.

Insgesamt wurde der Versuch TT 2.1.100 vom System bestanden. Er wird gemäß DIN V ENV 1317-4:2001 sowie DIN EN 1317-1:1998 und DIN EN 1317-2:1998+A1:2006 wie folgt eingestuft:



Bild 4-250: Detailansicht Frontbereich Fahrerseite



Bild 4-251: Fahrzeug nach dem Sekundäranprall

- Anprallheftigkeitsstufe: A,
- Klasse der dauerhaft seitlichen Auslenkung: $x1/y1$,
- Klasse des Abprallbereiches: Z_1 .

➤ Ergebnis und Einsatz von Anfangs- und Endkonstruktionen bei höheren Geschwindigkeiten

Der Anprallversuch TT 2.1.100 an der 16m-Absenkung mit der angeschlossenen EDSP 2.0 ist erfolgreich verlaufen. Dieser durchgeführte Versuch wird als einer der kritischsten Versuche zur Erlangung der Leistungsklasse P3A angesehen. Es ist davon auszugehen, dass durch weitere Anprallversuche diese Leistungsklasse erreicht werden könnte.

In den [RPS 2009] werden bislang lediglich die Leistungsklassen P2A und P2U für einbahnige bzw. zweibahnige Straßen gefordert. Mit diesem Versuch konnte gezeigt werden, dass es konstruktiv möglich sein kann, mit einer verlängerten Absenkung eine höhere Leistungsklasse nach [DIN V ENV 1317-4] mit P3A zu erreichen.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Insgesamt wurden 19 Anprallversuche an 12 verschiedenen Systemen und eine Übertragung von

Prüfergebnissen zu unterschiedlichen Fragestellungen, welche in Kapitel 2.2 dargestellt sind, durchgeführt. Tabelle 5-1 gibt einen Überblick über die Ergebnisse der Versuche. Die einzelnen Ergebnisse und die Bedeutung für den Einsatz in der Praxis

Fahrzeug-Rückhaltesystem	Prüftyp/Leistungs-klasse	Anprall-heftigkeits-stufe	dynamische Durchbiegung	Wirkungs-bereich [m]	Kommentar	Ergebnis
Sicherung gelöster Pfosten						
EDSP 2.0 (in Asphaltlöcher gerammte Pfosten)	TB 42	entfällt	---	---	Fahrzeug überquert System	nicht bestanden
EDSP 2.0 (Rohrhülsen und gesicherte Steckpfosten)	TB 11 TB 42 (H1)	A	2,63	W8	mit Zusatzschraube zur Sicherung	bestanden
DDSP 4.0+ (Rohrhülsen und gesicherte Steckpfosten)	TB 32	A	1,94	W7	mit Zusatzschraube zur Sicherung	bestanden
EDSP 1.33 BW + mit Geländer (und Zusatzschraube)	TB 11 TB 42 (H1)	A	1,3	W5	---	bestanden
	TB 51 (H2)		---	---	Fahrzeug durchbricht System und Geländer	nicht bestanden
Sanierung der Übergangskonstruktion nach ([ARS 17/1996])						
Sanierte ÜK nach ARS 17/1996 (EDSP 2.0 B-Profil/ doppelseitige BSWO Step)	TB 11 TB 42 (H1)	C	0,82	W5	---	bestanden
Sanierungslösung BSW O mit offenen Fugen und geschädigter Bewehrung						
Sanierungslösung BSWO	TB 11 TB 51 (H2)	C	0,70	W4	---	bestanden
FRS für typische Situationen und fehlende Systeme in der Praxis						
ESP 2.0 B-Profil	TB 31	A	0,5	W1	---	bestanden
→ mit einer kürzeren Prüflänge						
kurzESP 2.0 B-Profil	TB 32	A	1,00	W4	verkürzte Prüflänge (20 m)	bestanden
kurzEDSP 2.0 B-Profil	TB 42	entfällt	1,50	W5	verkürzte Prüflänge (32 m)	bestanden
kurzESP 2.0 BW B-Profil	TB 11 TB 32 (N2)	B	1,50	W5	ohne Dilatation	bestanden
→ ÜK für die Verbindung von Standardschutzeinrichtungen						
ÜK ESP 4.0 – EDSP 2.0	TB 11 TB 32 (N2)	A	1,3	W5	---	bestanden
ÜK ESP 2.0 – EDSP 2.0	TB 11 TB 32 (N2)	A	---	W5	Übertragung von ÜK ESP 4.0 - EDSP 2.0	
→ Absenkung (16 m) für EDSP 2.0						
AEK an EDSP 2.0	TT 2.1.100	A		x1/y1*	---	bestanden
* Klasse der dauerhaft seitlichen Auslenkung						

Tab. 5-1: Zusammenfassung der Ergebnisse der Anprallprüfungen

wurden im Kapitel 4 unter den jeweiligen Anprallprüfungen ausführlich dargestellt.

In der Praxis waren Probleme mit verschiedenen Systemen aufgetreten, Schutzeinrichtungen hatten z. B. in Unfällen nicht das erwartete Verhalten gezeigt (u. a. gelöste Pfosten). Im Rahmen dieses Projektes wurden hierfür Lösungen zur Nachrüstung und Reparatur dieser Schutzeinrichtungen entwickelt und erfolgreich geprüft. Für Reparaturzwecke bzw. Nachrüstungen stehen den Straßenbauverwaltungen nun Lösungen zur Verfügung, bei deren Einsatz aber dennoch stets zu prüfen ist, ob an diesen Stellen neue geprüfte Systeme geeigneter sind. Für Betonschutzwände in Ortbetonbauweise mit geschädigter (korrodierter) Bewehrung wurde eine Sanierungslösung entwickelt, mit der die Zugbandwirkung und damit die Aufhaltstufe der Wand wiederhergestellt werden kann.

Des Weiteren gab es in der Praxis Fälle, für die keine geprüften Schutzeinrichtungen zur Verfügung standen, wie z. B. kurze Brücken mit einer geringen Länge. Hier wurden ebenfalls Lösungen aus den Standard-Schutzeinrichtungen der [TL-SP 99] erarbeitet und deren Leistungsfähigkeit in Anprallversuchen überprüft. Mit den Ergebnissen an der kurzESP 2.0 BW wurde die Grundlage geschaffen, um diese z. B. als Modifikationen verwenden zu können.

In den [RPS 2009] werden bislang lediglich die Leistungsklassen P2A und P2U für einbahnige bzw. zweibahnige Straßen gefordert. Mit dem durchgeführten Versuch an einer 16 m langen Absenkung konnte gezeigt werden, dass es konstruktiv möglich ist, auch für eine Absenkung eine höhere Leistungsklasse nach [DIN V ENV 1317-4] mit P3A zu erreichen. Die Prüfung an der 16m-Absenkung stellt damit eine zukunftsorientierte Basis für weitere Versuche auch an ähnlichen Herstellersystemen zur Erlangung einer höheren Leistungsklasse als bei der bisherigen 12m-Regelabsenkung dar.

Mit der Veröffentlichung der zugehörigen Prüfberichte auf der [Homepage der BAST] stehen die Prüfergebnisse der Versuche an den Standard-Schutzeinrichtungen allen interessierten Kreisen zur Verfügung und können auch für eigene Weiterentwicklungen oder Zertifizierungen genutzt werden.

Literatur

- [305/2011]: Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates. Amtsblatt der Europäischen Union, [L 88]
- [89/106/EWG]: Richtlinie des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte (89/106/EWG). Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, [L 40]
- [ARS 17/1996] (25.06.1996): Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 17/1996 Ergänzungen zu den Richtlinien für passive Schutzeinrichtungen an Straßen, Ausgabe 1989 (RPS 89), Stand Juni 1996. Bundesministerium für Verkehr
- [C 152/9]: Mitteilung der Kommission im Rahmen der Durchführung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte vom 04.07.2009. Amtsblatt der Europäischen Union C 152/9
- [DIN CEN/TR 16303:2012] (04/2012): Rückhaltesysteme an Straßen – Richtlinien für Computersimulationen von Anprallprüfungen an Fahrzeug-Rückhaltesysteme. Beuth-Verlag GmbH, Berlin
- [DIN EN 12767] (01/2008): Passive Sicherheit von Tragkonstruktionen für die Straßenausstattung – Anforderungen und Prüfverfahren. Beuth-Verlag GmbH, Berlin
- [DIN EN 1317]: Rückhaltesysteme an Straßen. Beuth-Verlag GmbH, Berlin
- [DIN EN 1317-5] (06/2012): • DIN EN 1317-5: Rückhaltesysteme an Straßen; Teil 5: Anforderungen an die Produkte, Konformitätsverfahren und -bewertung für Fahrzeugrückhaltesysteme
- [DIN V ENV 1317-4] (04/2002): Rückhaltesysteme an Straßen – Teil 4: Leistungsklassen, Abnahmekriterien für Anprallprüfungen und Prüfverfahren für Anfangs-, End- und Übergangskonstruktionen von Schutzeinrichtungen. Beuth-Verlag GmbH, Berlin

- [Einsatzempfehlungen für Fahrzeug-Rückhaltesysteme] (03/2019): Von www.bast.de: https://www.bast.de/BASt_2017/DE/Verkehrstechnik/Publikationen/Regelwerke/Downloads/V4-Einsatz-Rueckhaltesysteme.html?nn=1820278 abgerufen am 06.08.2019
- [EVC 92]: „Das ECV-Crashsystem des TÜV Bayern“; Sonderdruck aus ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 94 (1992) 5, S. 260–268, Autoren: P. HUPFER, R. RICHTER, L. WECH
- [Homepage der BASt]: https://www.bast.de/BASt_2017/DE/Verkehrstechnik/Qualitaetsbewertung/Dokumente/Dokumente_node.html und https://www.bast.de/BASt_2017/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v4-schutzeinrichtungen/schutzeinrichtungen.html?nn=1817946 abgerufen am 06.08.2019
- [Montageanleitung einer Sanierungslösung für Betonschutzwände in Ortbetonbauweise] (08.11.2016): Von www.bast.de: http://www.bast.de/DE/Verkehrstechnik/Qualitaetsbewertung/Listen/pdf/sanierungsloesung_BW.pdf?__blob=publicationFile&v=4 abgerufen am 06.08.2019, Autorin: L. MEISEL
- [Nachrüstung der Übergangskonstruktion nach den Ergänzungen zu den Richtlinien für passive Schutzeinrichtungen an Straßen (RPS), ARS 17/1996] (22.03.2016): Von www.bast.de: http://www.bast.de/DE/Verkehrstechnik/Qualitaetsbewertung/Listen/pdf/nachruestung_uk_ars-17_1996.pdf?__blob=publicationFile&v=2 abgerufen am 06.08.2019, Autorinnen: J. KÜBLER, L. MEISEL
- [RAL-RG 620] (03/2010): Güte und Prüfbestimmungen fürkompatible Stahlschutzplankensysteme. Gütegemeinschaft für Stahlschutzplanken e. V.
- [RIZ-ING 2007]: Richtzeichnungen für Ingenieurbauten, Stand Januar 2007, herausgegeben für den verwaltungsinternen Gebrauch von der AG 2.9
- [RIZ-ING]: Richtzeichnungen für Ingenieurbauten. Homepage der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) 12/2017
- [RPS 1989]: Richtlinien für passive Schutzeinrichtungen an Straßen. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe „Verkehrsführung und Verkehrssicherheit“. Eingeführt: BMV Allg. Rundschreiben Straßenbau Nr. 7/1989 vom 6. Juni 1989. Veröffentlicht: FGSV 343 – Juni 1989
- [RPS 2009]: Richtlinien für passiven Schutz an Straßen durch Fahrzeug-Rückhaltesysteme. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Verkehrsmanagement. eingeführt mit ARS 28/2010 vom 20.12.2010
- [TK FRS] (29.07.2019): Technische Kriterien für den Einsatz von Fahrzeug-Rückhaltesystemen in Deutschland. https://www.bast.de/BASt_2017/DE/Verkehrstechnik/Qualitaetsbewertung/Freigabe/pdf/V4-technische-Kriterien-f%C3%BCr-den-Einsatz.pdf?__blob=publicationFile&v=11 abgerufen am 06.08.2019 erstmalig eingeführt mit ARS 15/2017 vom 23.08.2017
- [TLP ÜK 2017]: Technische Liefer- und Prüfbedingungen für Übergangskonstruktionen zur Verbindung von Schutzeinrichtungen. Bundesanstalt für Straßenwesen. https://www.bast.de/BASt_2017/DE/Verkehrstechnik/Publikationen/Regelwerke/Downloads/V4-TLP-UK-2017.pdf?__blob=publicationFile&v=2 abgerufen am 06.08.2019 eingeführt mit ARS 16/2017 vom 23.08.2017
- [TL-SP 99]: Technische Lieferbedingungen für Stahlschutzplanken. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Verkehrsführung und Verkehrssicherheit, eingeführt mit ARS 08/1999 vom 01.12.1999
- [VGVF BSW O] (09/2013): Anforderungen an den Nachweis der Leistungsfähigkeit von Betonschutzwänden in Ortbetonbauweise – Vergleichsverfahren BSW Ortbeton. https://www.bast.de/BASt_2017/DE/Verkehrstechnik/Publikationen/Regelwerke/Downloads/v4-bsw-ortbeton.html. abgerufen am 06.08.2019 eingeführt mit ARS 18/2013 vom 05.09.2013
- [ZTV FRS 2017]: ZTV FRS – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fahrzeug-Rückhaltesysteme Ausgabe 20137 Fassung 2017. FGSV-Verlag, Köln, eingeführt mit ARS 21/2017 vom 01.12.2017
- [ZTV-PS 98]: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für passive Schutzeinrichtungen (ZTV-PS 98). FGSV-Verlag, Köln, eingeführt mit ARS 19/1998 vom 13.07.1998

ELLMERS, U.: [V106]. „Eignung von Fahrzeug-Rückhaltesystemen gemäß den Anforderungen nach DIN EN 1317, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Verkehrstechnik, Heft V106. Wirtschaftsverlag NW 2003

IT-ZEB Server: von <https://itzeb.heller-ig.de/> abgerufen am 15.06.2016

KLÖCKNER, R. & FLEISCH, J. (06/2007): [V157]. Prüfung von Fahrzeug-Rückhaltesystemen an Straßen durch Anprallversuche gemäß DIN EN 1317. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Verkehrstechnik, Heft V157. Wirtschaftsverlag NW 2007

MAYER, T. (05/2017): [B138]. Rückhaltesysteme auf Brücken – Einwirkungen aus Fahrzeuganprall und Einsatz von Schutzeinrichtungen auf Bauwerken. Fachverlag NW in der Carl Schünemann Verlag GmbH, 2017

MÜLLER, C.-F.; GRANDEL, J. & RUF, J. (01/1998): [Neue Möglichkeiten der Unfallsimulation durch optische, ferngesteuerte Fahrzeugführung]. ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 100 (1998), 8-13

Tab. 2-8: Auszug aus [RPS 2009]: Tab. 2: Leistungsklassen für Anfangs- und Endkonstruktionen gemäß der [DIN V ENV 1317-4]

Tab. 2-9: Anfangs- und Endkonstruktionen: Kriterien für Anprallprüfungen und Leistungsklassen

Tab. 3-1: Übersicht über das Versuchsprogramm

Tab. 4-1: Vergleich Anprallparameter und Ergebnisse der kurzESP 2.0 mit der ESP 2.0

Tab. 4-2: Vergleich Anprallparameter und Ergebnisse der kurzEDSP 2.0 mit der EDSP 2.0

Tab. 4-3: Leistungseigenschaften der angeschlossenen Schutzeinrichtungen und der geprüften ÜK

Tab. 4-4: Leistungsdaten der TB 11-Prüfung an der Übergangskonstruktion „ESP 4.0 – EDSP 2.0“

Tab. 4-5: Überblick über die ermittelten Leistungsdaten

Tab. 5-1: Zusammenfassung der Ergebnisse der Anprallprüfungen

Tabellen

Tab. 1-1: Übersicht Fahrzeug-Rückhaltesysteme (FRS)

Tab. 2-1: Stufen für den Wirkungsbereich nach [DIN EN 1317]

Tab. 2-2: Stufen für die Fahrzeugeindringung nach [DIN EN 1317]

Tab. 2-3: Anprallheftigkeitsstufen

Tab. 2-4: Leistungsklassen für Anfangs- und Endkonstruktionen nach [DIN V ENV 1317-4]

Tab. 2-5: Werte für die Anprallheftigkeit bei Anfangs- und Endkonstruktionen nach [DIN V ENV 1317-4]

Tab. 2-6: Klassen für die dauerhaft seitliche Auslenkung nach [DIN V ENV 1317-4]

Tab. 2-7: Klassen von Anfangs- und Endkonstruktionen und Abstände Z_a und Z_d nach [DIN V ENV 1317-4]

Bilder

Bild 2-1: Darstellung des (statischen) Wirkungsbereiches

Bild 2-2: Prüfbedingungen und Aufhaltestufen für Schutzeinrichtungen nach [DIN EN 1317]

Bild 2-3: Schematische Darstellung einer Übergangskonstruktion gemäß [TLP ÜK 2017]

Bild 2-4: Schematische Darstellung einer Anfangs- und Endkonstruktion – Seitenansicht

Bild 2-5: Reale und simulierte Anprallprüfung im Vergleich (TB 42 mit einem 10t-Lkw an eine EDSP 2.0 in verkürzter Aufbauhöhe)

Bild 2-6: Aufbau des Orientierungsversuchs an der Übergangskonstruktion nach [ARS 17/1996]

- Bild 2-7: Übergangskonstruktion nach Prüfung TB 42 (Orientierungsversuch)
- Bild 2-8: Unfall an Übergangskonstruktion nach [ARS 17/1996] in NRW; Quelle: Straßen.NRW
- Bild 2-9: Verschiebung des Betonfertigteils infolge eines Durchbruchs; Quelle: Straßen.NRW
- Bild 2-10: Schwachstellen der Übergangskonstruktion gemäß [ARS 17/1996]
- Bild 2-11: Schwachstelle 1 der Übergangskonstruktion aufgrund des 1. Sanierungsversuchs von Straßen.NRW
- Bild 2-12: Schwachstelle 2 der Übergangskonstruktion aufgrund des 1. Sanierungsversuchs von Straßen.NRW
- Bild 2-13: Poröser Fugenfüllstoff
- Bild 2-14: Abplatzungen im Bereich der Scheinfuge
- Bild 2-15: Außerplanmäßige Rissbildung
- Bild 2-16: Rissbildungen außerhalb der Scheinfugen
- Bild 2-17: Offene Fuge (Quelle: Straßen.NRW)
- Bild 2-18: Korrodierte Bewehrung (Quelle: Straßen.NRW)
- Bild 2-19: Baumallee mit rechtsseitig errichteter ESP
- Bild 2-20: Einmündung (Quelle: IT-ZEB Server)
- Bild 2-21: Wirtschaftsweg (Quelle: IT-ZEB Server)
- Bild 2-22: Notrufsäule mit ESP abgesichert
- Bild 2-23: Schutzeinrichtungen vor einer Notrufsäule bei zweibahnigen Straßen (Quelle: [Einsatzempfehlungen für Fahrzeug-Rückhaltesysteme])
- Bild 2-24: Kurze Brücke (Quelle: IT-ZEB Server)
- Bild 2-25: Einsatzkriterien für Schutzeinrichtungen am äußeren Fahrbahnrand (Auszug [RPS 2009])
- Bild 2-26: 12m-Regelabsenkung (EDSP) aus [RAL-RG 620] Stand 03/2010
- Bild 3-1: Anlaufspuren auf dem Versuchsgelände in München-Allach (Quelle: TÜV Süd)
- Bild 3-2: Skizze des Versuchsgeländes in München-Allach mit exemplarisch dargestelltem System
- Bild 3-3: Versuchsfahrzeug mit angebrachter Kamera
- Bild 3-4: Skizze des Versuchsgeländes in Eggebek (Ausschnitt) mit exemplarisch dargestelltem System (Quelle: DEKRA)
- Bild 4-1: EDSP 2.0 mit in Asphaltlöcher gerammten Pfosten
- Bild 4-2: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 0,020 s
- Bild 4-3: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 0,236 s
- Bild 4-4: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 0,504 s
- Bild 4-5: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 0,824 s
- Bild 4-6: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 1,148 s
- Bild 4-7: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 1,604 s
- Bild 4-8: Anprallvorgang – Ansicht von vorne t = 2,128 s
- Bild 4-9: System nach dem Anprall (Blick in Anprallrichtung)
- Bild 4-10: EDSP 2.0 mit geschraubten Steckpfosten und Zusatzschraube zur Sicherung
- Bild 4-11: EDSP 2.0 mit geschraubten Steckpfosten und Zusatzschraube zur Sicherung
- Bild 4-12: DDSP 4.0+ mit geschraubten Steckpfosten und Zusatzschraube zur Sicherung
- Bild 4-13: DDSP 4.0+ mit geschraubten Steckpfosten und Zusatzschraube zur Sicherung
- Bild 4-14: EDSP 2.0 in Rohrhülsen mit Zusatzschraube zur Sicherung der Steckpfosten – Seitenansicht (Auszug aus [RAL-RG 620] Stand 03/2010)

- Bild 4-15: EDSP 2.0 in Rohrhülsen mit Zusatzschraube zur Sicherung der Steckpfosten (Auszug aus [RAL-RG 620] Stand 03/2010)
- Bild 4-16: EDSP 2.0 in Rohrhülsen mit Zusatzschraube zur Sicherung der Steckpfosten – Verschraubungsdetails
- Bild 4-17: Fahrzeug am Anprallpunkt; Blick entgegen der Anfahrriichtung auf die Systemrückseite
- Bild 4-18: Anprallvorgang TB11
- Bild 4-19: Durchbiegung der Schutzeinrichtung; Blick in Anfahrriichtung
- Bild 4-20: Separation Steckpfosten
- Bild 4-21: Schäden am Versuchsfahrzeug nach dem Versuch
- Bild 4-22: Anprallvorgang – Ansicht von vorne $t = 0,004 \text{ s}$
- Bild 4-23: Anprallvorgang – Ansicht von vorne $t = 0,276 \text{ s}$
- Bild 4-24: Anprallvorgang – Ansicht von vorne $t = 0,952 \text{ s}$
- Bild 4-25: Anprallvorgang – Ansicht von vorne $t = 1,236 \text{ s}$
- Bild 4-26: Anprallvorgang – Ansicht von vorne $t = 1,600 \text{ s}$
- Bild 4-27: Anprallvorgang – Ansicht von vorne $t = 1,888 \text{ s}$
- Bild 4-28: Anprallvorgang – Ansicht von vorne $t = 2,140 \text{ s}$
- Bild 4-29: Durchbiegung der Schutzeinrichtung; Blick entgegen der Anfahrriichtung
- Bild 4-30: Schäden im Bereich Holm 12
- Bild 4-31: Verschraubung der Pfostensicherung am Abstandhalter nach dem Versuch
- Bild 4-32: Vollständig gelöste Verschraubung bei Steckpfosten 3-2
- Bild 4-33: Detailansicht Pfosten und Abstandhalter 12-2 am Stoß 12/13 (Systemrückseite)
- Bild 4-34: Schäden am Fahrzeug (Fahrerseite und Front) nach der Prüfung
- Bild 4-35: DDSP 4.0+ in Rohrhülsen mit Zusatzschraube zur Sicherung der Steckpfosten – Seitenansicht (eigene Darstellung auf Grundlage [RAL-RG 620] Stand 03/2010)
- Bild 4-36: DDSP 4.0+ in Rohrhülsen mit Zusatzschraube zur Sicherung der Steckpfosten – Draufsicht (Auszug aus [RAL-RG 620] Stand 03/2010)
- Bild 4-37: Fahrzeug am Anprallpunkt; Blick entgegen der Anfahrriichtung
- Bild 4-38: zusätzliches Distanzstück ohne Steckpfosten
- Bild 4-39: Anprallvorgang – Ansicht von oben (Weitwinkel) $t = 0,404 \text{ s}$
- Bild 4-40: Übersicht über die Situation nach der Prüfung und Fahrzeug in Endstellung; Blick in Anfahrriichtung
- Bild 4-41: Schäden auf der Fahrerseite des Versuchsfahrzeugs
- Bild 4-42: Schäden an der Fahrzeugfront des Versuchsfahrzeug
- Bild 4-43: DDSP 4.0+ nach Anprall – Ansicht gegen Anprallriichtung
- Bild 4-44: Übersicht ab Stoß 9/10 mit den aus dem Asphalt gezogenen Rohrhülsen der Pfosten 9 und 10
- Bild 4-45: 180 Grad gedrehter Pfosten bei Stoß 6/7 (aus Prüfbericht 2008 7D 22)
- Bild 4-46: Detailansicht Verschraubung Pfosten
- Bild 4-47: Querschnitt EDSP 1.33 BW+ mit Geländer
- Bild 4-48: Aufbau für Versuch TB 11+TB 51
- Bild 4-49: Fahrzeug am Anprallpunkt vor der Prüfung entgegen der Anfahrriichtung
- Bild 4-50: Dilatation
- Bild 4-51: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 1
- Bild 4-52: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 2
- Bild 4-53: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 3
- Bild 4-54: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 4

- Bild 4-55: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 4
- Bild 4-56: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 6
- Bild 4-57: Durchbiegung der Schutzeinrichtung
- Bild 4-58: Schäden am Fahrzeug nach der Prüfung (Fahrerseite und Front)
- Bild 4-59: Detailansicht Systemrückseite im Bereich des Holms 10 mit den aus der Verankerung gehobenen Pfosten
- Bild 4-60: Fahrzeug am Anprallpunkt vor der Prüfung; Blick in Anfahrriichtung auf die Systemrückseite
- Bild 4-61: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 1
- Bild 4-62: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 2
- Bild 4-63: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 3
- Bild 4-64: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 4
- Bild 4-65: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 5
- Bild 4-66: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 6
- Bild 4-67: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 7
- Bild 4-68: Durchbiegung der Schutzeinrichtung; Blick entgegen der Anfahrriichtung
- Bild 4-69: Schäden am Fahrzeug nach der Prüfung im Frontbereich
- Bild 4-70: Detailansicht der aufgewölbten Fußplatte G14 des Geländers
- Bild 4-71: Detailansicht des gerissenen Holms 11 im Bereich des Distanzstücks 41
- Bild 4-72: Übersicht über das vollständig montierte Fahrzeugrückhaltesystem; Blick in Anfahrriichtung
- Bild 4-73: Aufbau für Versuch TB42
- Bild 4-74: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 1
- Bild 4-75: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 2
- Bild 4-76: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 3
- Bild 4-77: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 4
- Bild 4-78: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 5
- Bild 4-79: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 6
- Bild 4-80: Durchbiegung der Schutzeinrichtung; Blick entgegen der Anfahrriichtung
- Bild 4-81: Kontaktbereich in Anprallriichtung
- Bild 4-82: Endstellung Prüffahrzeug nach Versuch; Blick in Anfahrriichtung
- Bild 4-83: Schäden am Fahrzeug nach der Prüfung auf der Fahrerseite
- Bild 4-84: Verziehungselement (Querschnitt von Zeichnung in Bild 2-10, Quelle: Bundesministerium für Verkehr ARS 17/1996)
- Bild 4-85: Übersicht über die vollständig montierte Übergangskonstruktion
- Bild 4-86: Betonfertigteile (Verziehungselement); Ansicht entgegen Anprallriichtung
- Bild 4-87: Übergang innerhalb des Stahlanteils der ÜK (von Sigma-Pfosten mit Abstandhalter auf „doppelte“ IPE-Pfosten)
- Bild 4-88: Anschluss Stahl an das Betonfertigteile (Verziehungselement); Ansicht in Anprallriichtung
- Bild 4-89: Detailansicht Übergang auf BSWO
- Bild 4-90: Anschluss an Betonfertigteile (Verziehungselement)
- Bild 4-91: Anschluss des oberen Holms an die BSWO (Anprallseite)
- Bild 4-92: Fahrzeug am Anprallpunkt
- Bild 4-93: Anprallvorgang – Ansicht von oben $t = 0,096s$
- Bild 4-94: Kontaktstrecke, leichte Neigung des IPE-Pfostens 5-32 mit verformtem Holm; Blick in Anfahrriichtung
- Bild 4-95: Schäden am Fahrzeug nach der Prüfung
- Bild 4-96: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 1
- Bild 4-97: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 2
- Bild 4-98: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 3
- Bild 4-99: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 4
- Bild 4-100: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 5
- Bild 4-101: Sekundäranprall 6

- Bild 4-102: Beschädigungen im Bereich der Kontaktstrecke
- Bild 4-103: Detailansicht der Schäden im Bereich des Holmstoßes 5/6; Blick auf die Systemrückseite
- Bild 4-104: Schäden am Fahrzeug nach der Prüfung einschließlich leichtem Sekundär-anprall (Fahrerseite)
- Bild 4-105: Schäden am Fahrzeug nach der Prüfung einschließlich leichtem Sekundär-anprall (Beifahrerseite)
- Bild 4-106: Durchbiegung der Schutzeinrichtung; Blick in Anfahrriichtung
- Bild 4-107: Durchgehender Riss im Element 6; Blick auf die Systemrückseite
- Bild 4-108: Verschraubung mit BSWO (Quelle: DEKRA)
- Bild 4-109: aufgebrachte Sanierungslösung (Quelle: DEKRA)
- Bild 4-110: seitliche Verschraubung der Kastenprofile (Quelle: DEKRA)
- Bild 4-111: Übersicht BSWO mit aufgebrachter Sanierungslösung (Quelle: DEKRA)
- Bild 4-112: auf Asphalt aufgestellte Step 90 mit aufgebrachter Sanierungslösung (Quelle: DEKRA)
- Bild 4-113: Durchtrennen der Bewehrung (Quelle: DEKRA)
- Bild 4-114: Durchtrennte Bewehrung (Quelle: DEKRA)
- Bild 4-115: Fahrzeug am Anprallpunkt; Blick entgegen der Anfahrriichtung
- Bild 4-116: Anprallvorgang – Ansicht von vorne
t = 288 ms
- Bild 4-117: Übersicht über die Situation nach der Prüfung (Kontaktstrecke); Blick in Anfahrriichtung
- Bild 4-118: Schäden am Fahrzeug nach der Prüfung, Fahrzeug in Endstellung
- Bild 4-119: Fahrzeug am Anprallpunkt; Blick entgegen der Anfahrriichtung
- Bild 4-120: Anprallvorgang – Ansicht von vorne
t = 28 ms
- Bild 4-121: Anprallvorgang – Ansicht von vorne
t = 164 ms
- Bild 4-122: Anprallvorgang – Ansicht von vorne
t = 372 ms
- Bild 4-123: Anprallvorgang – Ansicht von vorne
t = 524 ms
- Bild 4-124: Anprallvorgang – Ansicht von vorne
t = 700 ms
- Bild 4-125: Anprallvorgang – Ansicht von vorne
t = 948 ms
- Bild 4-126: Anprallvorgang – Ansicht von vorne
t = 1196 ms
- Bild 4-127: Durchbiegung der Schutzeinrichtung; Blick in Anfahrriichtung
- Bild 4-128: Schäden am Stoß der Kastenprofile 5/6 auf der Systemrückseite
- Bild 4-129: Detailansicht Betonabplatzungen am Fuß der Elemente 5/6 auf der Anprallseite
- Bild 4-130: Schäden am Fahrzeug (Front) nach der Prüfung; Fahrzeug in Endstellung
- Bild 4-131: BSW O im Step 90 Profil mit 2 Ø 12 mm Bewehrung in 5 cm tiefer Asphaltnut eingespannt (Quelle: DEKRA)
- Bild 4-132: BSW O im Step 90 Profil mit 2 Ø 12 mm Bewehrung auf Folie aufgestellt (Quelle: DEKRA)
- Bild 4-133: BSW O Softbaer mit 5 Ø 16 mm Bewehrung auf Schottertragschicht aufgestellt (Quelle: DEKRA)
- Bild 4-134: BSW O im New Jersey Profil mit 2 Ø 12 mm Bewehrung frei auf Asphalt aufgestellt (Quelle: DEKRA)
- Bild 4-135: Stellprobe Stoßwagenversuch an BSW O mit unterschiedlichen Bauformen und aufgebrachter Sanierungslösung (Quelle: DEKRA)
- Bild 4-136: Übersicht über die BSW O mit verschiedenen Bauformen für Belastungstests (Quelle: DEKRA)

- Bild 4-137: BSW O im New Jersey Profil nach dem Belastungstest
- Bild 4-138: TB 11 an BSW O New Jersey (Versuch 1996 7B 24) gemäß ELLMERS – Ansicht von hinten
- Bild 4-139: TB 11 an BSW O New Jersey (Versuch 1996 7B 24) gemäß ELLMERS – seitliche Ansicht
- Bild 4-140: Softbaer auf Schotter nach dem Belastungstest
- Bild 4-141: Asphaltnut für BSW O im Step-Profil
- Bild 4-142: Versuchsaufbau ESP 2.0
- Bild 4-143: Fahrzeug am Anprallpunkt; Blick entgegen der Anfahrriichtung
- Bild 4-144: Anprallvorgang – Ansicht von vorne $t = 12 \text{ ms}$
- Bild 4-145: Anprallvorgang – Ansicht von vorne $t = 176 \text{ ms}$
- Bild 4-146: Anprallvorgang – Ansicht von vorne $t = 396 \text{ ms}$
- Bild 4-147: Anprallvorgang – Ansicht von vorne $t = 580 \text{ ms}$
- Bild 4-148: Anprallvorgang – Ansicht von vorne $t = 952 \text{ ms}$
- Bild 4-149: Sekundäranprall – Ansicht von vorne $t = 1368 \text{ ms}$
- Bild 4-150: Sekundäranprall – Ansicht von vorne $t = 1828 \text{ ms}$
- Bild 4-151: Durchbiegung der Schutzeinrichtung
- Bild 4-152: Beschädigungen innerhalb der Kontaktstrecke
- Bild 4-153: Schäden am Versuchsfahrzeug im Frontbereich nach Primär- und Sekundäranprall
- Bild 4-154: Übersicht Aufbau
- Bild 4-155: KurzESP 2.0; Blick entgegen der Anfahrriichtung
- Bild 4-156: Fahrzeug am Anprallpunkt; Blick entgegen der Anfahrriichtung
- Bild 4-157: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 1
- Bild 4-158: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 2
- Bild 4-159: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 3
- Bild 4-160: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 4
- Bild 4-161: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 5
- Bild 4-162: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 6
- Bild 4-163: Schäden am Fahrzeug nach der Prüfung
- Bild 4-164: Durchbiegung der Schutzeinrichtung; Blick entgegen der Anfahrriichtung
- Bild 4-165: Anprall kurzESP 2.0 (Ansicht von hinten)
- Bild 4-166: Anprall ESP 2.0 (Ansicht von hinten)
- Bild 4-167: KurzEDSP 2.0; Blick in Anfahrriichtung
- Bild 4-168: Übersicht Aufbau
- Bild 4-169: Fahrzeug am Anprallpunkt in Anfahrriichtung vor der Prüfung; lateraler Blick auf die Systemrückseite
- Bild 4-170: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 1
- Bild 4-171: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 2
- Bild 4-172: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 3
- Bild 4-173: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 4
- Bild 4-174: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 5
- Bild 4-175: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 6
- Bild 4-176: Element 7 – eingerissener Holm
- Bild 4-177: Detailansicht Schäden an Stoßstange und Scheinwerfer (Front Fahrerseite)
- Bild 4-178: Durchbiegung der Schutzeinrichtung; Blick in Anfahrriichtung
- Bild 4-179: Verformungen des Systems; Blick entgegen der Anfahrriichtung
- Bild 4-180: Anprall kurzEDSP 2.0 (Ansicht von vorn)
- Bild 4-181: Anprall EDSP 2.0 (Ansicht von vorn)
- Bild 4-182: KurzESP BW 2.0; Blick in Anfahrriichtung
- Bild 4-183: Übersicht Aufbau

- Bild 4-184: Befestigung auf Bauwerk
- Bild 4-185: Fußgängergleitschutz (Ansicht von hinten)
- Bild 4-186: Fahrzeug am Anprallpunkt; Blick entgegen der Anfahrriichtung
- Bild 4-187: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 1
- Bild 4-188: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 2
- Bild 4-189: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 3
- Bild 4-190: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 4
- Bild 4-191: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 5
- Bild 4-192: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 6
- Bild 4-193: Fahrzeug nach der Prüfung, Detailansicht Frontbereich Fahrerseite
- Bild 4-194: Durchbiegung der Schutzeinrichtung
- Bild 4-195: Detailansicht System vor der Prüfung; Blick in Anfahrriichtung und den zusätzlich angebrachten Aufsatzleitpfosten
- Bild 4-196: Fahrzeug am Anprallpunkt; Blick entgegen der Anfahrriichtung
- Bild 4-197: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 1
- Bild 4-198: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 2
- Bild 4-199: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 3
- Bild 4-200: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 4
- Bild 4-201: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 5
- Bild 4-202: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 6
- Bild 4-203: Abprallpunkt am Holm 7 kurz nach dem Stoß der Holme 6 und 7; Blick entgegen der Anfahrriichtung
- Bild 4-204: Fahrzeug nach der Prüfung, Detailansicht Frontbereich Fahrerseite
- Bild 4-205: Schäden am Fahrzeug nach der Prüfung
- Bild 4-206: Durchbiegung der Schutzeinrichtung und des Geländers; Blick in Anfahrriichtung
- Bild 4-207: ÜK „ESP 4.00 – EDSP 2.0“ (Detailansicht)
- Bild 4-208: Übersicht Aufbau ÜK „ESP 4.0 – EDSP 2.0“
- Bild 4-209: Fahrzeug am Anprallpunkt; Blick entgegen der Anfahrriichtung
- Bild 4-210: Anprallvorgang – Ansicht von oben
t = 32 ms
- Bild 4-211: Anprallvorgang – Ansicht von oben
t = 88 ms
- Bild 4-212: Anprallvorgang – Ansicht von oben
t = 148 ms
- Bild 4-213: Anprallvorgang – Ansicht von oben
t = 228 ms
- Bild 4-214: Anprallvorgang – Ansicht von oben
t = 348 ms
- Bild 4-215: Anprallvorgang – Ansicht von oben
t = 440 ms
- Bild 4-216: Sekundäranprall – Ansicht von vorne
t = 1912 ms
- Bild 4-217: Durchbiegung der Schutzeinrichtung
- Bild 4-218: Schäden am Fahrzeug nach der Prüfung und Sekundäranprall
- Bild 4-219: Fahrzeug am Anprallpunkt; Blick entgegen der Anfahrriichtung
- Bild 4-220: Anprallvorgang – Ansicht von vorne
t = 72 ms
- Bild 4-221: Anprallvorgang – Ansicht von vorne
t = 180 ms
- Bild 4-222: Anprallvorgang – Ansicht von vorne
t = 264 ms
- Bild 4-223: Anprallvorgang – Ansicht von vorne
t = 368 ms
- Bild 4-224: Anprallvorgang – Ansicht von vorne
t = 524 ms
- Bild 4-225: Anprallvorgang – Ansicht von vorne
t = 724 ms
- Bild 4-226: Schäden im Bereich der Holme 7 – 9
- Bild 4-227: Schäden auf der Fahrerseite nach der Prüfung
- Bild 4-228: Durchbiegung der Schutzeinrichtung und Fahrzeug in Endstellung

Bild 4-229: Übersicht ÜK „ESP 2.0 – EDSP 2.0“

Bild 4-230: TB 11-Anprallprüfung (links) und dazugehörige Simulation (rechts) an der Übergangskonstruktion „ESP 4.0 – EDSP 2.0“

Bild 4-231: TB 32-Anprallprüfung (links) und dazugehörige Simulation (rechts) an der Übergangskonstruktion „ESP 4.0 – EDSP 2.0“

Bild 4-232: Vergleich der TB 11-Anprallvorgänge an ÜK ESP 4.0 – EDSP 2.0 (oben) und ÜK ESP 2.0 – EDSP 2.0 (unten) bei $t = 0,0 \text{ s}$

Bild 4-233: Vergleich der TB 11-Anprallvorgänge an ÜK ESP 4.0 – EDSP 2.0 (oben) und ÜK ESP 2.0 – EDSP 2.0 (unten) bei $t = 0,3 \text{ s}$

Bild 4-234: Vergleich der TB 32 Anprallvorgänge an ÜK ESP 4.0 – EDSP 2.0 (links) und ÜK ESP 2.0 – EDSP 2.0 (rechts) bei $t = 0 \text{ s}$

Bild 4-235: Vergleich der TB 32 Anprallvorgänge an ÜK ESP 4.0 – EDSP 2.0 (links) und ÜK ESP 2.0 – EDSP 2.0 (rechts) bei $t = 0,6 \text{ s}$

Bild 4-236: Übersicht Aufbau Absenkung (16 m)

Bild 4-237: Übersicht über die montierte AEK; Blick in Anfahrrichtung

Bild 4-238: Anfahrwege nach DIN V ENV 1317-4

Bild 4-239: Fahrzeug am Anprallpunkt in Anfahr- richtung; Blick seitlich auf die System- rückseite

Bild 4-240: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 1

Bild 4-241: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 2

Bild 4-242: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 3

Bild 4-243: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 4

Bild 4-244: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 5

Bild 4-245: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 6

Bild 4-246: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 7

Bild 4-247: Anprallvorgang – Ansicht von vorne 8

Bild 4-248: Abprallpunkt und Reifenspuren

Bild 4-249: Detailansicht der Reifenspuren auf dem Distanzstück 8

Bild 4-250: Detailansicht Frontbereich Fahrerseite

Bild 4-251: Fahrzeug nach dem Sekundäranprall

Alle Fotos Bundesanstalt für Straßenwesen und wie gesondert ausgewiesen:

„Die Auszüge aus dem FGSV-Regelwerk RPS, Ausgabe 2009, sind mit Erlaubnis der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. auszugsweise wiedergegeben worden. Maßgebend für das Anwenden des FGSV-Regelwerkes ist dessen Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die beim FGSV Verlag, Wesseling Str. 17, 50999 Köln, www.fgsv-verlag.de, erhältlich ist.“

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Verkehrstechnik“

2016

V 275: Modellversuch für ein effizientes Störfallmanagement auf Bundesautobahnen

Grahl, Skottke

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 276: Psychologische Wirkung von Arbeitsstellen auf die Verkehrsteilnehmer

Petzoldt, Mair, Krems, Roßner, Bullinger € 30,50

V 277: Verkehrssicherheit in Einfahrten auf Autobahnen

Kathmann, Roggendorf, Scotti

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 278: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2014

Fitschen, Nordmann € 30,50

V 279: HBS-konforme Simulation des Verkehrsablaufs auf Autobahnen

Geistefeldt, Giuliani, Busch, Schendzielorz, Haug,

Vortisch, Leyn, Trapp € 23,00

2017

V 280: Demografischer Wandel im Straßenbetriebsdienst – Analyse der möglichen Auswirkungen und Entwicklung von Lösungsstrategien

Pollack, Schulz-Ruckriegel € 15,50

V 281: Entwicklung von Maßnahmen gegen Unfallhäufungsstellen – Weiterentwicklung der Verfahren

Maier, Berger, Kollmus € 17,50

V 282: Aktualisierung des Überholmodells auf Landstraßen

Lippold, Vettors, Steinert € 19,50

V 283: Bewertungsmodelle für die Verkehrssicherheit von Autobahnen und von Landstraßenknotenpunkten

Bark, Krähling, Kutschera, Baier, Baier, Klemps-Kohnen, Schuckließ, Maier, Berger € 19,50

V 284: Berücksichtigung des Schwerverkehrs bei der Modellierung des Verkehrsablaufs an planfreien Knotenpunkten

Geistefeldt, Sievers

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 285: Praxisgerechte Anforderungen an Tausalz

Kamptner, Thümmeler, Ohmann

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 286: Telematisch gesteuertes Kompaktparken – Grundlagen und Entwicklung

Kleine, Lehmann € 16,50

V 287: Werkzeuge zur Durchführung des Bestandsaudits und einer erweiterten Streckenkontrolle

Bark, Kutschera, Resnikow, Follmann, Biederbick € 21,50

V 288: Überholungen von Lang-Lkw – Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit und den Verkehrsablauf

Roos, Zimmermann, Köhler

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 289: Verkehrsqualität an verkehrsunabhängig gesteuerten und koordinierten Lichtsignalanlagen

Geistefeldt, Giuliani, Vieten, Dias Pais € 20,00

V 290: Fahrleistungserhebung 2014 – Inländerfahrleistung

Bäumer, Hautzinger, Pfeiffer, Stock, Lenz, Kuhnimhof, Köhler € 19,00

V 291: Fahrleistungserhebung 2014 – Inlandsfahrleistung und Unfallrisiko

Bäumer, Hautzinger, Pfeiffer, Stock, Lenz, Kuhnimhof, Köhler € 18,50

V 292: Verkehrsnachfragewirkungen von Lang-Lkw

Burg, Schrempp, Röhling, Klaas-Wissing, Schreiner

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 293: Ermittlung der geeigneten Verkehrsnachfrage als Bemessungsgrundlage von Straßen

Geistefeldt, Hohmann, Estel Unterauftragnehmer: Manz € 17,50

V 294: Wirtschaftlichkeitsbewertung besonderer Parkverfahren zur Lkw-Parkkapazitätserhöhung an BAB

Maibach, Tacke, Kießig € 15,50

V 295: Konzentrationen und Frachten organischer Schadstoffe im Straßenabfluss

Grotehusmann, Lambert, Fuchs, Graf € 16,50

V 296: Parken auf Rastanlagen mit Fahrzeugen und Fahrzeugkombinationen mit Übergröße

Lippold, Schemmel, Kathmann, Schroeder

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 297: Sicherheitstechnische Überprüfung von Elementen plangleicher Knotenpunkte an Landstraßen

Zimmermann, Beeh, Schulz, Roos

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 298: Verfahren zur Zusammenführung von Informationen unterschiedlicher Netzanalysesysteme

Balck, Schüller, Balmberger, Rossol

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 299: Einfluss von Fehlern auf die Qualität von Streckenbeeinflussungsanlagen

Schwietering, Neumann, Volkenhoff, Fazekas, Jakobs, Oeser

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

2018

V 300: Untersuchungen zur Optimierung von Schadstoffrückhalt und Standfestigkeit von Banketten

Werkenthin, Kluge, Wessolek

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 301: Sicherheitsbewertung von Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung

Kemper, Sümmermann, Baier, Klemps-Kohnen

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 302: Entwicklung einer Fahrstreifenreduktionsbeeinflussungsanlage für Baustellen auf BAB

Heinrich, Maier, Papageorgiou, Papamichail, Schober, Stamatakis

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 303: **Psychologische Wirkungen von Arbeitsstellenlängen, -staffelung und -gestaltung auf die Verkehrsteilnehmer**
Scotti, Kemper, Oeser, Haberstroh, Welter, Jeschke, Skottke € 19,50

V 304: **Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2015**
Fitschen, Nordmann € 31,00
Die Ergebnisdateien können als kostenpflichtiger Download unter: www.schuenemann-verlag.de heruntergeladen werden. € 15,00

V 305: **Pilotversuche zur Behandlung der Abwässer von PWC-Anlagen**
Hartmann, Londong € 16,00

V 306: **Anpassung des bestehenden Straßennetzes an das Entwurfskonzept der standardisierten Straßen – Pilotprojekt zur Anwendung des M EKLBest**
Lippold, Wittig
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 307: **Evaluation des Sicherheitsaudits von Straßen in der Planung**
Baier, Baier, Klemps-Kohnen, Bark, Beaulieu, Theis € 17,50

V 308: **Überarbeitung und Aktualisierung des Merkblattes für die Ausstattung von Verkehrsrechner- und Unterzentralen (MARZ 1999)**
Gerstenberger, Hösch, Listl, Schwietering
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 309: **Photokatalytische Oberflächen zur Minderung von Stickoxidbelastungen an Straßen – TiO₂-Pilotstudie Lärm-schutzwand**
Baum, Lipke, Löffler, Metzger, Sauer € 16,50

V 310: **Umweltfreundlicher Straßenbelag – photokatalytischer Stickstoffdioxidabbau unter Nutzung der Nanotechnologie**
Wang, Oeser, Steinauer
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 311: **Feldversuch mit Lang-Lkw**
Irzik, Kranz, Bühne, Glaeser, Limbeck, Gail, Bartolomaeus, Wolf, Sistenich, Kaundinya, Jungfeld, Ellmers, Kübler, Holte, Kaschner
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 312: **Sicherheitswirkung, Dauerhaftigkeit und Lärmemission von eingefrästen Rüttelstreifen**
Hegewald, Vesper, Irzik, Krautscheid, Sander, Lorenzen, Löffler, Ripke, Bommert
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

2019

V 313: **Tausalzverdünnung und -rückhalt bei verschiedenen Entwässerungsmethoden – Modellberechnungen**
Braun, Klute, Reuter, Rubbert € 18,50

V 314: **Übergreifende verkehrstechnische Bewertung von Autobahnstrecken und -knotenpunkten**
Hartmann, Vortisch, Vieten, Chatzipanagiotidou, Haug, Spangler € 18,50

V 315: **Telematisch gesteuertes Kompaktparken für das Lkw-Parkraummanagement auf Rastanlagen an BAB – Anforderungen und Praxiserprobung**
Kappich, Westermann, Holst € 15,50

V 316: **Akustische Wirksamkeit alter Lärmschutzwände**
Lindner, Hartmann, Schulze, Hübelt € 18,50

V 317: **Wahrnehmungspsychologische Aspekte (Human Factors) und deren Einfluss auf die Gestaltung von Landstraßen**
Schlag, Anke, Lippold, Wittig, Walther € 22,00

V 318: **Unfallkommissionsarbeit – Unterstützung durch einen webbasierten Maßnahmenkatalog zur Beseitigung von Unfallhäufungen**
Wolf, Berger, Bärwolff € 15,50

V 319: **Vermeidung von abflussschwachen Zonen in Verwindungsbereichen – Vergleich und Bewertung von baulichen Lösungen**
Lippold, Vettors, Ressel, Alber
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 320: **Einsatzbereiche und Entwurfselemente von Rad-schnellverbindungen**
Malik, Lange, Andriess, Gwiasda, Erler, Stein, Thiemann-Linden € 18,00

V 322: **Automatisch gesteuerte Streustoffausbringung durch Nutzung neuer mobiler Sensoren**
Hausmann € 18,00

V 323: **Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2016**
Fitschen, Nordmann € 31,50
Die Ergebnisdateien können als kostenpflichtiger Download unter: www.schuenemann-verlag.de heruntergeladen werden. € 15,00

2020

V 321: **Dynamisches umweltsensitives Verkehrsmanagement**
Diegmann, Wurstthorn, Breitenbach, Düring, Schönharting, Kraus, Klemm, Voigt, Kohlen, Löhner € 20,00

V 324: **Konzept zur Bewertung des Verkehrsablaufs an Knotenpunkten mit und ohne LSA**
Vortisch, Buck, Leyn, Baier, Schuckließ, Schimpf, Schmotz
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 325: **Entwurfsparameter von Hochleistungsstraßen innerhalb bebauter Gebiete**
Schmitt, Gerlach, Schwedler, Huber, Sander
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

V 326: **Straßenverkehrszählung 2015 – Methodik der manuellen Zählungen**
Schmidt, Frenken, Mahmoudi € 15,50

V 327: **Straßenverkehrszählung 2015 – Ergebnisse**
Frenken, Mahmoudi € 16,50

V 328: **Anprallprüfungen an Fahrzeug-Rückhaltesystemen und Entwicklung von Nachrüstlösungen**
Meisel, Balzer-Hebborn, Ellmers, Jungfeld, Klostermeier, Kübler, Schmitz, Schwedhelm, Yu
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [http:// bast.opus.hbz-nrw.de/](http://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG
Zweite Schlachtpforte 7 · 28195 Bremen
Tel. +(0)421/3 69 03-53 · Fax +(0)421/3 69 03-48

Alternativ können Sie alle lieferbaren Titel auch auf unserer Website finden und bestellen.

www.schuenemann-verlag.de

Alle Berichte, die nur in digitaler Form erscheinen, können wir auf Wunsch als »Book on Demand« für Sie herstellen.