

# Planungs- und Betriebssicherheit von Fahrzeug-Rückhaltesystemen sicherstellen

Fahrzeug-Rückhaltesysteme (FRS) sind elementare Bestandteile der Sicherheitsarchitektur entlang unserer Straßen. Schutzeinrichtungen (SE) stellen den Großteil an FRS entlang unserer Straßen. Im Wesentlichen wird bei den SE unterschieden in Betonschutzwände (BSW) und Stahlschutzplanken (SP). Die BSW werden unterschieden in BSW in Ortbetonbauweise (BSWO) und BSW in Fertigteilbauweise (BSWF).

Die Verbindung von zwei unterschiedlichen SE erfordert Systemübergänge. In Deutschland sind die Anforderungen an den Einsatz von Übergangskonstruktionen (ÜK) bzw. Übergangselementen (ÜE) in den technischen Kriterien für Fahrzeug-Rückhaltesysteme (TK-FRS) sowie in den technischen Liefer- und Prüfbedingungen für Übergangskonstruktionen (TLP-ÜK) festgelegt. Verantwortlich für eine Begutachtung und Zulassung von ÜK in Deutschland ist die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt). Systemübergänge mit unterschiedlichen Leistungsdaten der beiden angeschlossenen SE-Sektoren sind Verbindungen

mit erhöhtem Risiko. Sie sollen grundsätzlich eine kurze Länge aufweisen. Systemübergänge, welche diesbezüglich zwei unverschiebbliche SE verbinden, bieten naturgemäß ein sehr hohes Maß an Sicherheit. Wird an beiden angeschlossenen SE zudem dasselbe Profil verwendet, gelten solche Systemübergänge als besonders sicher.

## Raumbedarf bestimmt die Leistungsfähigkeit

Bei einem Vergleich von verschiedenen FRS ist der erforderliche Raumbedarf elementar. Der erforderliche Raumbedarf von FRS wird im Wesentlichen

durch den Wirkungsbereich (W) definiert, gefolgt von der Fahrzeug-Eindringung (VI). Bild 1 zeigt die Stufen der normalisierten Wirkungsbereiche und Fahrzeugeindringungen in einer gemeinsamen Abbildung.

Die Darstellung zeigt, dass beide Kennwerte W und VI eine identische Skala mit identischen Stufengrenzen aufweisen. Bis zu einem Wirkungsbereich W3 haben die Stufen einen Bereich von 20 cm, oberhalb davon werden sie größer. Ein konkreter Vergleich zwischen einem W1- und einem W4-System im Mittelstreifen verdeutlicht die Unterschiede in Bezug auf den erforderlichen Raumbedarf:

## Grundlage

Zweisträngige FRS, Installation im Mittelstreifen einer Autobahn unter der Voraussetzung, dass auf beiden Seiten eine sichere Installation vorliegt und somit auch auf beiden Seiten der erforderliche Wirkungsbereich verfügbar ist:

### ■ Verfasser

**Hermann Volk**

Geschäftsführer  
hermann.volk@linetech.de

LINETECH GmbH & Co. KG  
D-56410 Montabaur  
www.linetech.de

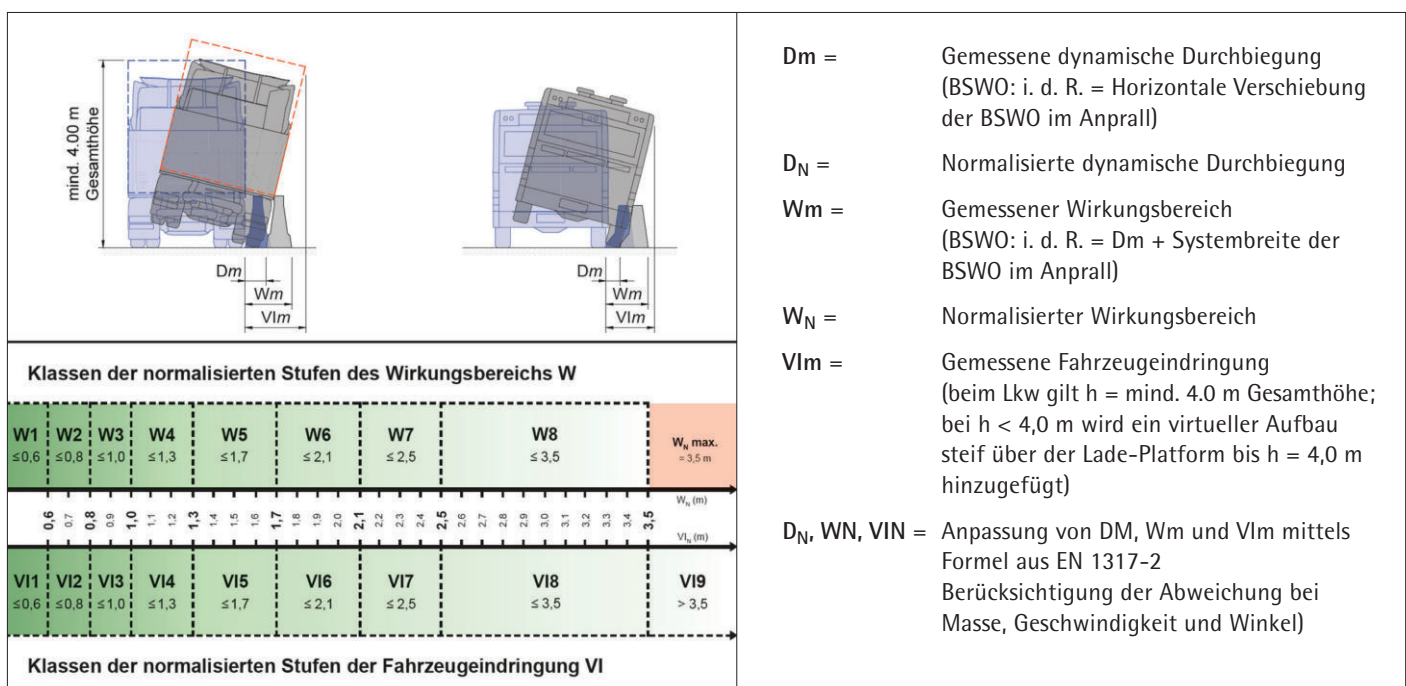


Bild 1: Wirkungsbereich und Fahrzeug-Eindringung (Quelle: Linetech)

- Raumbedarf für zwei W1-Systeme:  
2 x 60 cm = 120 cm
- Raumbedarf für zwei W4-Systeme:  
2 x 130 cm = 260 cm

Im Vergleich benötigen zwei W4-Systeme demnach einen 1,4 m breiteren Einbauraum gegenüber zwei W1-Systemen. Das entspricht beim W4-System einem 117 % höheren Raumbedarf.

Der verfügbare Raum für FRS wird zukünftig weniger, da die Raumanforderungen für effektivere grundhafte Erneuerungen zunehmen werden. Darum ist es sinnvoll, schon heute Systeme mit geringen Wirkungsbereichen in die Planungen bzw. Installationen mit einzubeziehen. Derartige Systeme sind am Markt bereits in ausreichender Anzahl verfügbar. In diesem Zusammenhang ist erwähnenswert, dass es aktuell kein Stahlsystem gibt, welches mit einer dynamischen Durchbiegung von 0,0 m – also ohne dynamische Durchbiegung bzw. seitliche Verschiebung – anprallgeprüft wurde. Bei allen Anprallprüfungen werden Systeme mit Stahlschutzplankensystem plastisch verformt und damit beschädigt. Bedingt durch die Aufstellung (gerammt/verankert) ist folglich bei jedem Fahrzeuganprall eine Reparatur erforderlich. Zudem sind die abrufbaren Leistungsdaten nach jedem Fahrzeuganprall bis zur Reparatur nur eingeschränkt verfügbar.

**Die dynamische Durchbiegung bestimmt den Reparaturaufwand im Betrieb**

Anprallprüfungen werden durchgeführt, um FRS unterschiedlichster Bauarten und Wirkungsweisen in standardisierte Leistungskategorien einzustufen und auf diese Weise vergleichbar zu machen. Ein wichtiger Leistungskennwert bei den Anprallprüfungen ist dabei die dynamische Durchbiegung ( $D_{dyn}$ , normalisiert  $D_N$ ), wel-



Bild 2: Einmalig installierte frei aufgestellte Schutzeinrichtung für Bauwerke LT 201 BW zeigt nach den TB11-, TB32- und TB51-Fahrzeuganprallen auf die gleiche Anprallstelle keine dynamische Durchbiegung und keine reparaturrelevanten Beschädigungen. An der Schutzeinrichtung verbleiben nach allen drei Fahrzeuganprallen „nur“ Farbmarkierungen und Kratzspuren (Foto: Linetech)

che die seitliche Verschiebung eines FRS bei einem Anprall beschreibt. Die in den Anprallprüfungen ermittelten Werte sind ein wichtiger Indikator für den zu erwartenden Reparaturaufwand während der Betriebsphase eines FRS:

- Wurde ein FRS anprallgeprüft mit  $D_{dyn} = 0,0$  m, sind in der Betriebsphase bei einem Fahrzeuganprall keine oder nur wenige Reparaturen zu erwarten.
- Wurde ein FRS anprallgeprüft mit  $D_{dyn} > 0,0$  m, sind in der

Betriebsphase viele bis sehr viele Reparaturen zu erwarten. Dabei spielt auch die Anzahl der Fahrzeugprüfungen bei der Anprallprüfung eines FRS eine Rolle:

- Zeigt ein FRS nach mehrfacher Anfahrt an der gleichen Stelle eine  $D_{dyn} = 0,0$  m auf, weist das FRS damit einen sehr hohen Widerstand gegen Beschädigungen durch Fahrzeuganpralle auf.
- Wurde ein FRS für die durchzuführenden Fahrzeugprüfungen mehrfach installiert

und angefahren, oder wurde es bei einem, mehreren oder bei allen Anprall(en) beschädigt, weist das FRS einen geringen, sehr geringen oder gar keinen Widerstand gegen Beschädigungen durch Fahrzeuganpralle auf.

**Leistungsdaten müssen sicher in die Praxis übertragen werden können**

Bei der Planung und Errichtung von FRS ist es elementar,

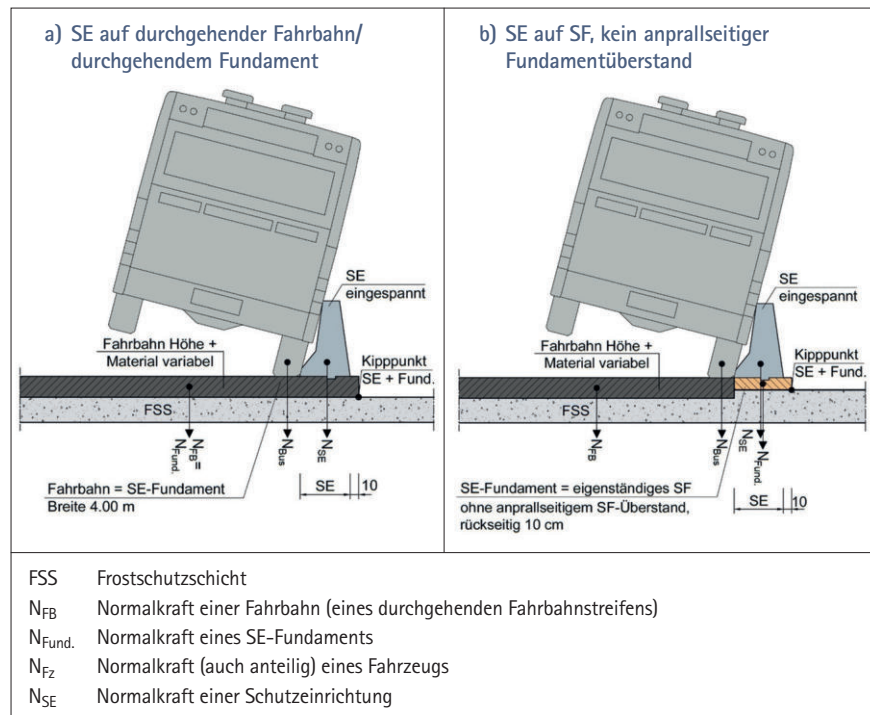


Bild 3: Schematische Darstellung eines Fahrzeuganpralls an einer SE auf Fahrbahn- und Streifenfundament ohne fahrbahnseitigem Fundamentüberstand (Quelle: Linetech)



Bild 4: Schutzeinrichtungen LT 201 BW, LT 205–12 (inkl. Variante SF) und LT 206 (Fotos: Linetech)

dass die Leistungsdaten aus den Anprallprüfungen sicher in die praktische Anwendung übertragen werden können. Dies ist nur dann sicher gegeben, wenn die Einbaubedingungen der Anprallprüfung gleichwertig am jeweiligen Installationsort garantiert ist. Unverschiebliche SE haben dabei deutliche Vorteile gegenüber verschieblichen SE, da diese eine höhere Standfestigkeit bzw. ein größeres Widerstandspotenzial gegen Verschiebung aufweisen, und somit auch eine höhere Restsicherheit gewährleisten können. Bild 2 zeigt bspw. die Ortbetonschutzwand LT 201 BW nach Fahrzeuganprallen der Art TB11, TB32 und TB51.

In der Praxis werden zunehmend FRS gefordert, welche auf kompakten, fahrbahnunabhängigen, eigenständigen gebundenen Unterlagen – Streifenfundamente (SF) – direkt an der Fahrbahnkante oder bspw. direkt neben einer Schlitzrinne installiert werden können. In solchen Fällen kommen SE auf SF zum Einsatz, welche nur einen schmalen oder gar keinen fahrbahnseitigen Fundamentüberstand auf-

weisen. Bild 3 verdeutlicht die grundsätzlichen Unterschiede zwischen den beiden Varianten „breites Fahrbahnfundament“ und „schmalstmögliches Streifenfundament“.

Die rechte Abbildung (a) zeigt die schmalstmögliche Installation einer SE auf SF. Wird eine solche Installation anprallgeprüft, ergibt sich allein aus dieser Installation bereits eine nahezu uneingeschränkte Übertragung der anprallgeprüften Leistungsdaten in alle praktischen Anwendungssituationen. Demgegenüber ist zu berücksichtigen, dass anprallgeprüfte SE auf SF mit einem fahrbahnseitigen und/oder breiteren rückseitigen Fundamentüberstand nicht in der Lage sind, die Übertragbarkeit der Leistungsdaten pauschal zu garantieren.

### Forderung nach Leistungsbeständigkeit und Dauerhaftigkeit gilt für FRS und für deren Unterlagen

Für FRS wird in Deutschland eine Dauerhaftigkeit von mindestens

25 Jahren gefordert. Das bedeutet, dass die in einer Anprallprüfung ermittelten Leistungsdaten unter vorhersehbaren Randbedingungen sowie den bekannten örtlichen Gegebenheiten und Einbaurandbedingungen über diesen Zeitraum erhalten bleiben müssen. In Abhängigkeit der Wirkungsweise eines FRS haben die Unterlagen und/oder die Einspannungen und/oder die Verankerungen in einer Unterlage einen wesentlichen Anteil an der Wirkungsweise des FRS. Entscheidend dabei ist die Art der Aufstellung:

- **Frei aufgestellte FRS** sind weitestgehend unabhängig bzw. wenig abhängig von der Unterlage.
- **Eingespannte FRS** sind abhängig von den Eigenschaften der Unterlage sowie dem Verbund mit der Unterlage. Die Qualität der Einspannung ist elementar für eine Reproduzierbarkeit und Übertragbarkeit von anprallgeprüften Leistungsdaten.
- **Einspannung in ungebundener Unterlage (BSW):** Der Fall liegt dann vor,

wenn in einer Anprallprüfung entweder ein FRS-Fundament und/oder das Fundament und FRS mit einem ungebundenen Material hinterfüllt waren (z. B. Trogsysteme). Das verwendete Material und die Einbaurandbedingungen aus der Anprallprüfung müssen bekannt sein und in der Praxis gleichwertig vorliegen. Auch die Dauerhaftigkeit der Einspannung sowie der ungebundenen Unterlage ist nachzuweisen.

- **Einspannung in gebundener Unterlage (BSW):** Besteht diese aus Asphalt oder Beton, unterliegt sie wie die Fahrbahnmaterialien automatisch umfangreichen Eigen- und Fremdüberwachungen, welche Qualität und Eigenschaften in engen Toleranzbändern vorschreiben und sicherstellen. Die Gleichwertigkeit und Dauerhaftigkeit wird dabei automatisch mit sichergestellt.
- **Verankerte FRS** sind abhängig von den Eigenschaften der

Tabelle 1: Nur 3 Schutzeinrichtungen und 4 Übergänge bieten alle Anwendungsoptionen (Quelle: Linetech)

$f(\text{ÜK}) = SE_3\text{ÜK}_4$			Drei Schutzeinrichtungen und vier Systemübergänge mit identischem Profil garantieren übertragbare anprallgeprüfte Leistungsdaten in alle praktischen Installationen							
SE	FRS Typ	Profil	AHS	W	ASI	VI	Ddyn.	LT 201 BW (SE-1222)	LT 205-12 / -SF (SE-1133)	LT 206 (SE-1213)
LT 201 BW (SE-1222)			N2 H2 L2	W1	B	VI2	0,0 m		ÜE-5376	ÜE-5373
LT 205-12 / -SF (SE-1133)			N2 H2 L2	W1	B	VI1	0,0 m	ÜE-5376		ÜE-5362 ÜE-5364
LT 206 (SE-1213)			N2 H2 L2	W2*	B	VI2	0,0 m	ÜE-5373	ÜE-5362 ÜE-5364	

Unterlage. Es wird unterschieden in Verankerungen in gebundenen und ungebundenen Unterlagen. Die Qualität der Verankerung ist elementar für die Abtragung der Anprallkräfte; bei Verankerungen sind neben den übertragbaren Scherkräften insbesondere auch die anprallgeprüften Ausziehkräfte der Verankerungselemente relevant:

- FRS verankert in ungebundener Unterlage (Gerammte SP und BSWF): Um anprallgeprüfte Leistungsdaten sicher in die Praxis übertragen zu können, muss die ungebundene Unterlage mindestens gleichwertig sein zur Güte und zum Aufbau in der Anprallprüfung. Die aktuellen Regelwerke lassen diesbezüglich eine größere Bandbreite an verwendbaren Bau- bzw. Erdstoffen zu. Hierdurch entsteht in Bezug auf die in der Praxis verwendbaren Böden eine Sicherheitslücke. Weiterhin ist sicherzustellen, dass die ungebundene Unterlage über den geforderten Nutzungszeitraum dauerhaft und beständig ist. Konkret bedeutet dies, dass Einflüsse aus dem klimatischen Umfeld (Feuchtigkeit, Frost etc.) wie auch Einflüsse aus der zeitlichen Nutzung (z. B. Verwitterung) keinen Einfluss auf die Leistungsdaten haben dürfen.

- FRS verankert in gebundener Unterlage (BSWF und verankerte SP [BSWO auf Bauwerken]): In einer Betonunterlage wird mittels Verbundankern eine statische Verankerung zwischen dem FRS und der Unterlage hergestellt. Werden Verbundanker in Asphaltunterlagen eingebracht, ist zu bedenken, dass aufgrund der thermoplastischen Baustoffeigenschaften keine 25-jährige Dauerhaftigkeit für statische Verankerungen garantiert werden kann.

Im Zusammenhang mit verankerten Systemen in ungebundenen Unterlagen ist zu berücksichtigen, dass die wirksame Verankerungstiefe durch die Einbaubedingungen am Ort der Installation eingeschränkt werden kann. So ist bspw. bei gerammten SP in einem Bankett mit einer Neigung von 12 % und einem Fahrabstand von 50 cm eine Reduzierung der wirksamen Einbindetiefe des Pfostens von etwa 14 cm zu verzeichnen. Hinzu kommt eine Verringerung der Einbauqualität durch die üblicherweise eingemischten organischen Bestandteilen in den oberen 20 cm von Bankettmaterialien. Gegenüber den Einbaubedingungen bei der Anprallprüfung können diese Minderungen eine erhebliche Abnahme der Qualität der Verankerung darstellen. Die Folge ist eine im Vergleich zur Anprallprüfung relevante

Einschränkung der Leistungsfähigkeit.

Letztlich sind bei allen ungebunden systemrelevanten Unterlagen immer auch die jahreszeitlichen und zeitlichen Einwirkungen wie bspw. Feuchtigkeit und Frost zu berücksichtigen. Allein hierdurch treten Schwankungen auf, welche in den anprallgeprüften Leistungsdaten nicht berücksichtigt sind.

### Die Formel für einfache und sichere N2/H2/L2-Installationen lautet SE<sub>3</sub>ÜK<sub>4</sub>

Planer und Betreiber von FRS an vielbefahrenen Straßen und Autobahnen fordern wenige, einfache Systeme. Konkret sind unter anderem die folgenden Eigenschaften für Strecken- und Bauwerksysteme wünschenswert:

- geringer Raumbedarf
- minimale Anzahl an unterschiedlichen SE und Übergängen
- unverschiebliche und profilgleiche Systeme
- anprallgerüfte Sicherheit, auch für Installationen auf kompakten Streifenfundamenten
- „reparaturunanfällige“ Systeme
- Dauerhaftigkeit von mindestens 25 Jahren mit Reserven darüber hinaus
- Flexibilität in Bezug auf Planung und Betrieb

Basierend auf den genannten Punkten wurden in einem umfangreichen Produktentwicklungsprogramm insgesamt drei Schutzeinrichtungen konzipiert, geprüft und zugelassen. Die beiden Streckensysteme sowie das Bauwerksystem sind unverschieblich anprallgeprüft und bieten damit die größtmögliche Sicherheit und „Reparatur-Unanfälligkeit“ für die Praxis. Die genannten Systeme können – basierend auf Anprallprüfungen – sowohl auf breiten Fahrbahnfundamenten als auch auf kompakten Streifenfundamenten aus Asphalt oder Beton direkt an der Fahrbahnkante oder neben einer Schlitzrinne installiert werden. Dabei sind bei allen Systemen keine zusätzlichen statischen Verankerungen in der Unterlage erforderlich.

Alle drei Systeme sind auf gebundenen Unterlagen installiert und erfüllen somit von Hause aus sicher die Anforderung nach einer 25-jährigen Dauerhaftigkeit des FRS und der Unterlage.

Mit Blick auf die universelle Möglichkeit der Anbindung wurden im Zuge der Entwicklung und Zulassung der SE auch die relevanten Übergänge entwickelt, geprüft und zugelassen. Die Systeme können in allen Ausführungsvarianten miteinander verbunden werden. Tabelle 1 zeigt die Leistungsdaten der drei Schutzeinrichtungen sowie deren Verbindungsmöglichkeiten untereinander.

Mittelstreifenüberfahrten (MÜF) können durch die langjährig bewährte anprallgeprüfte ÜK LT 1-2 angeschlossen werden. Mit den Übergangskonstruktionen LT 1-6-S, LT 1-7-S und LT 1-8-Eco-Safe können die Schutzplankensysteme Super-Rail Eco, EDSP und Eco-Safe angeschlossen werden.

**Zusammenfassend gilt:** Einfache, durchgängige, profilgleiche, unverschiebliche und anprallgeprüfte Fahrzeug-Rückhaltesysteme mit „unsichtbaren“ Systemübergängen in N2-, H2-, und L2-Sicherheit sind möglich und auch verfügbar für eine sichere und nachhaltige Verwendung. ■