Betonschutzwände bieten wirtschaftliche Regellösungen für alle Fälle

Fahrzeug-Rückhaltesysteme (FRS) sind ein wesentlicher Bestandteil unserer Straßenverkehrsinfrastruktur. Der weitaus größte Anteil von FRS besteht aus Schutzeinrichtungen (SE) und damit aus baulichen Anlagen. Sie sollen die Verkehrsteilnehmer, unbeteiligte Dritte und Objekte über ihre gesamte Lebensdauer wirksam schützen. Mit Blick auf den Aspekt der Nachhaltigkeit rücken die Lebenszykluskosten solch langfristiger Investitionen zunehmend in den Fokus.

Betonschutzwände bieten aufgrund des meist sehr geringen Reparaturbedarfs im Falle eines Fahrzeuganpralls eine besonders hohe Streckenverfügbarkeit bei gleichzeitig sehr geringen direkten und indirekten Reparaturkosten. So kommt es bei einem Pkw-Anprall so gut wie nie reparaturrelevanten Beschädigungen, und die Verfügbarkeit sowie die Restsicherheit bleiben vollständig erhalten. FRS aus Beton mit einer dynamischen Durchbiegung von Ddyn. = 0,0 m resultieren dabei im geringsten Reparaturbedarf und erfordern im Vergleich zu Systemen mit Ddyn. > 0,0 m auch den geringsten Raumbedarf. Im Mittelstreifen von Autobahnen werden gem. der aktuellen RPS-Regelanforderung zwei einseitig wirkende H2-Schutzeinrichtungen installiert. Systeme mit den Wirkungsbereichen W1 und W2 stellen dabei die leistungsstarken Vertreter dar. Bild 1 zeigt die aktuell in der TÜL gelisteten H2-Schutzeinrichtungen mit den Wirkungsbereichen W1 und W2.

TK-FRS (Stand 03. März 2022): Gelistete SE der Aufhaltestufe H2 – Strecke und Bauwerk

Anzahl von lfd. Nummer (ab 1001)			Wirkungsbereich		
Aufhaltestufe	Material	Strecke / Bauwerk	W1	W2	Gesamtergebnis
H2	Beton	Strecke	10	6	16
		Bauwerk	3	2	5
	Beton Ergebnis		13	8	21
	Stahl	Strecke		2	2
		Bauwerk	1	1	2
	Stahl Ergebnis		1	3	4
H2 Ergebnis			14	11	25
Gesamtergebnis			14	11	25

Bild 1: H2-Systeme Strecke und Bauwerk mit Wirkungsbereichen W1 und W2 (Quelle: BASt TK-FRS 3.3.2022/ Datenaufbereitung: GBG)

TK-FRS (Stand 03. März 2022): SE Aufhaltestufe H2 und dyn. Durchbiegung = 0,0 m

Anzahl von lfd. Nummer (ab 1001)			Wirkungsbereich		
Aufhaltestufe	Material	Strecke / Bauwerk	W1	W2	Gesamtergebnis
H2	Beton	Strecke	8	1	9
		Bauwerk	2		2
	Beton Ergebnis		10	1	11
H2 Ergebnis			10	1	11
Gesamtergebnis			10	1	11

Bild 2: H2-Systeme Strecke und Bauwerk mit Wirkungsbereichen W1 und W2 und Ddyn. = 0,0 m (Quelle: BASt TK-FRS 3.3.2022/ Datenaufbereitung: GBG)

Bild 3: Ergebnisse eines vergleichbaren Fahrzeuganpralls eines leichten Pkw an eine Betonschutzwand (links) und an ein Stahlsystem (rechts) (Fotos: GBG)

Betrachtet man mit Blick auf die zu erwartenden Reparaturen im Betrieb zusätzlich die dynamische Durchbiegung von anprallgeprüften Schutzeinrichtungen, ergibt sich das folgende Bild (Bild 2).

Schutzeinrichtungen, welche in den Anprallprüfungen selbst beim Busanprall (TB 51) keine dynamische Durchbiegung gezeigt haben, resultieren in der geringsten Anzahl von Reparaturereignissen und garantieren somit auch eine besonders hohe und planbare Verfügbarkeit über die gesamte Betriebsdauer.

Zur Verdeutlichung der Auswirkungen von dynamischen Durchbiegungen bei einem Fahrzeuganprall wird in Bild 3 der Fahrzeuganprall eines leichten Fahrzeugs in der Praxis im Mittelstreifen dargestellt. Links dargestellt eine H2-W1-Betonschutzwand, rechts ein H2-W4-Stahlsystem.

Der Fahrzeuganprall wird bei beiden Systemen – basierend auf verfügbaren Anprallvideos – als vergleichbar angesehen.

Die Auswirkungen des Anpralls sind sehr unterschiedlich: Die Betonschutzwand weist ausschließlich Farbmarkierungen auf, das Stahlsystem wurde deformiert und musste repariert werden.

Betonschutzwände punkten besonders bei Installationen auf Streifenfundamenten

Auch abseits der üblichen Regelanwendungen bieten Betonschutzwände quasi serienmäßigen Installationsaufwand und garantieren somit einfach und sicher planbare Installationen.

Sollen Schutzeinrichtungen auf eigenständigen gebundenen Un-

■ Verfasser
Hermann Volk
Tim Wehrmann
info@guetegemeinschaft-betonschutzwand.de

Gütegemeinschaft Betonschutzwand & Gleitformbau e. V. (GBG)
D-73760 Ostfildern
www.guetegemeinschaft-betonschutzwand.de

terlagen (Streifenfundamente aus Asphalt oder Beton) installiert werden, sind stets spezifische Randbedingungen zu beachten. Für eine sichere Übertragung in die Praxis sollten Streifenfundament-Installationen anprallgeprüft sein. Wird in der Praxis – im Vergleich zur Anprallprüfung – eine Streifenfundament-Anwendung mit gleich großen oder größeren Abmessungen gefordert, bringen die Systeme bei gleichwertigen Installationsrandbedingungen im Regelfall eine Übertragbarkeit der anprallgeprüften Leistungsdaten in die praktische Installation mit. Die kompakteste Ausführungsvariante einer solchen Installation liegt dann vor, wenn die Vorderkanten der Betonschutzwand und des Streifenfundaments in einer vertikalen Flucht verlaufen.

Betonschutzwände auf Streifenfundamenten bieten oftmals eine Reihe von serienmäßigen Eigenschaften, welche auch bei Sonderinstallationen ohne oder mit nur geringem Zusatzaufwand zum Einsatz kommen können. Hierdurch werden sowohl der zeitliche Bauablauf als auch die Installationskosten im Vorfeld einfach und sicher planbar. Welche Einsparmöglichkeiten und technischen Vorteile eine Betonschutzwand im Einzelfall bieten kann, wird in den nachfolgenden Vergleichen und Projektberichten deutlich.

W1-Schutzeinrichtungen auf Streifenfundamenten im direkten Vergleich

Sollen Schutzeinrichtungen mit einem Wirkungsbereich W1 auf Streifenfundamenten installiert werden, sprechen die baulichen Voraussetzungen, die Risiken in der Ausführung, der Zeitaufwand und die Kosten deutlich für die Verwendung einer Betonschutzwand. Im dargestellten Beispiel in Bild 4 wird eine 90 cm hohe Betonschutzwand mit dem einzigen verfügbaren, 90 cm hohen H2-W1-Stahlsystem verglichen.

Zum besseren Verständnis wird die dargestellte Betonschutzwand zusätzlich schematisch in das Streifenfundament unter dem Stahlsystem eingezeichnet.

Die Überlagerung vermittelt eindrucksvoll, dass die Betonschutzwand zweimal vollständig in den Fundamentbereich des Stahlsystems hineinpasst, und dass zudem noch Restfläche übrigbleibt, um auch das Streifenfundament der Betonschutzwand darin unterzubringen.

Im Zusammenhang mit dem Aufbau und der Herstellung der Streifenfundamente beider Systeme ist weiterhin zu erwähnen, dass Streifenfundamente für Stahlsysteme mit mind. 30 kg Bewehrungsstahl je Kubikmeter Beton bewehrt werden müssen. Mit Bezug auf die Dauerhaftigkeit und eine potenzielle Verlängerung der Betriebsphase ist zu berücksichtigen, dass die erwähnte Bewehrung üblicherweise „nur" in Baustahlqualität ausgeführt wird. Fundamente von Betonschutzwänden benötigen demgegenüber keine Bewehrung.

Das Streifenfundament des Stahlsystems erfordert damit mind. den Aufwand von zwei kompletten Betonschutzwänden inklusive deren Fundamenten, um den gleichen Wirkungsbereich W1 erzielen zu können. Hinzu kommt, dass die Herstellung des Streifenfundaments sehr aufwendig ist. Mit Bezug auf die beim betrachteten Stahlsystem verwendeten Verbundanker ist zudem gem. dem Datenblatt aus der technischen Übersichtsliste (TÜL) vom 3.3.2022 zu beachten, dass diese mit für den Betrieb relevanten Hinweisen belegt sind.

Mit Blick auf weitere wichtige Anwendungsvoraussetzungen ist Folgendes zu berücksichtigen: Bei den dynamischen Durchbiegungen können H2-W1-Betonschutzwände mit Ddyn. = 0,0 m installiert werden. Die Wahrscheinlichkeit von Reparaturen bei einem Anprall von Pkw und Bussen ist damit äußerst gering. Das H2-W1-Stahlsystem weist selbst beim TB 11-Fahrzeuganprall (900-kg-Pkw) eine dynamische Durchbiegung von Ddyn > 0,0 m auf und

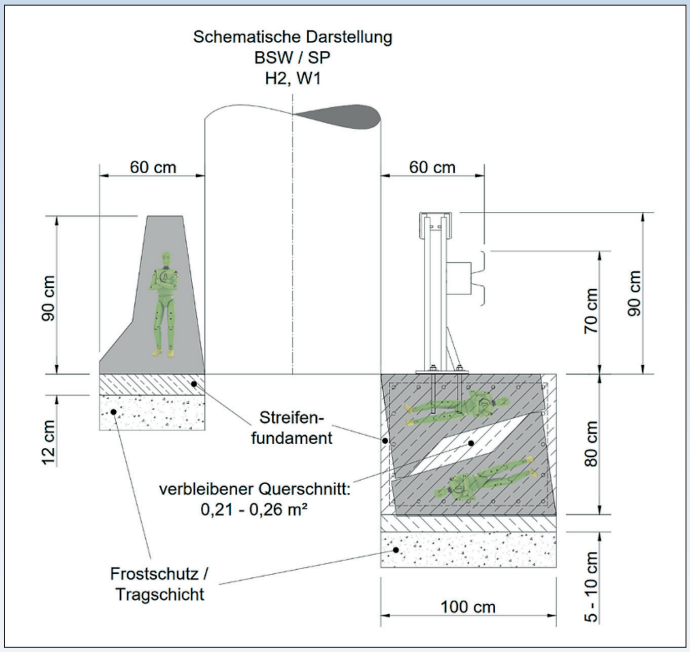

Bild 4: Grafische Aufbereitung der Streifenfundamente für ein Stahlsystem und eine Betonschutzwand (Quelle: TK-FRS, TÜL 3.3.202/Aufbereitung: GBG)

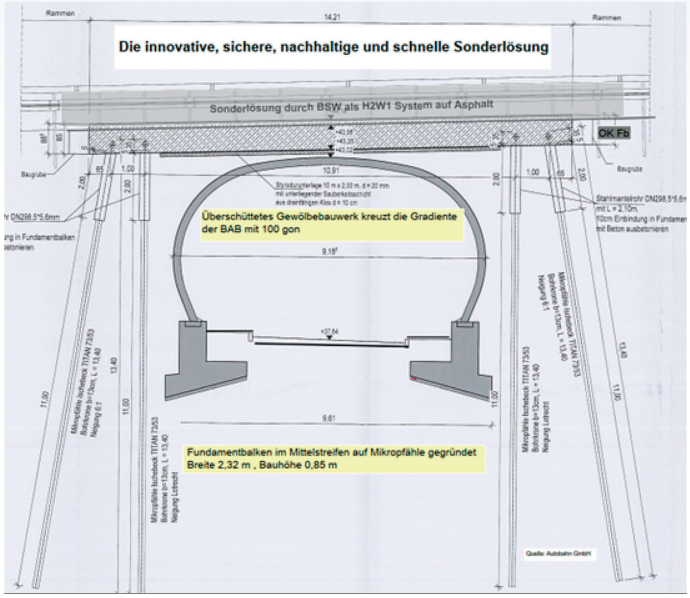

Bild 5: Erdüberschüttetes Gewölbebauwerk aus Stahlwellenprofil an der A 524 bei Ratingen (Zeichnung: Autobahn GmbH)

muss in Folge auch bei jedem Fahrzeuganprall repariert werden. Bei der Fahrzeugeindringung ermöglichen Betonschutzwände eine Leistungsklasse VI1, das Stahlsystem ist mit VI2 zertifiziert.

Fundamente von Betonschutzwänden benötigen zur Gründung keine Pfahlanker

Im Zuge der kompletten Erneuerung des Oberbaus der A 524 bei Ratingen wurden auch die kreuzenden Bauwerke ertüchtigt. Daneben war auch die komplette Erneuerung der Fahrzeug-Rückhaltesysteme sowohl im Mittelstreifen als auch im Randbereich inklusive der Anschlussstellen Teil der Maßnahme. Eine besondere Herausforderung stellte das Bauwerk Nr. 8 dar: ein erdüberschüttetes Gewölbebauwerk aus Stahlwellenprofil (Bild 5).

Durch die oberbaunahe Ausrichtung des Profils enthielt die ursprüngliche Planung für die

Bild 6: Beispielhafte Abmessungen und Fotos von verschiedenen Bauzuständen (Fotos: Eurovia Infrastructure)

Gründung eines Fahrzeug-Rückhaltesystems aus Stahl im Mittelstreifen einen Fundamentbalken auf Mikropfählen. Die um 15 Grad geneigte Ausführung der Mikropfähle hätte umfangreiche und tiefgehende Kampfmittelsondierungen erfordert. Die Unklarheit über die Beschaffenheit des Baugrunds beinhaltete noch weitere, nicht kalkulierbare Risiken. So war z. B. durch die Nähe zum Verfüllbereich des Profils mit nicht bekannten Hindernissen zu rechnen. Parallel hierzu drängten sich verkehrliche Herausforderungen auf, da im überregionalen Netz diverse andere Baumaßnahmen zu gesamtregionalen Verkehrseinschränkungen führten. In diesem Zusammenhang war gerade dieser Abschnitt der A 524 eine der wichtigsten Entlastungsstrecken.

Aufgrund der Erkenntnisse wurde von der ursprünglichen Planung abgerückt und eine schnellere und sicherere Alternative angestrebt, um Verzögerungen oder gar potenzielle Stillstände der Maßnahme und damit längere Verkehrseinschränkungen zu vermeiden.

Im Dialog mit den Vertretern des Auftraggebers, der Autobahn GmbH, ergab die alternative Anordnung eines H2-W1-Systems aus Beton auf einer flachen Gründung aus Asphalt eine mind. gleichwertige Alternative zur ursprünglichen Planung. Nach tiefergehender Betrachtung zeigte die Alternative weitergehende Vorteile:

Neben der wesentlich schnelleren und kostengünstigeren Herstellung der Asphaltgründung und des Betonschutzwandsystems aus Beton im Mittelstreifen konnten der Gesamtaufwand sowie die Risiken der aufwendigen Tiefgründung vermieden werden. Im Ergebnis wurde das ursprünglich ausgeschriebene H2-W3-System durch eine deutlich höherwertige und leistungsfähigere Betonschutzwand H2-W1 ersetzt.

Aufgrund der sehr viel einfacheren, sicher planbaren und auch leistungsstärkeren Gesamtkonstruktion konnten letztendlich wertvolle Bauzeit sowie erhebliche Kosten eingespart werden. Gleichzeitig wurde hierbei auch das Sicherheitsniveau angehoben.

Schutzeinrichtungen in Trinkwasserschutzgebieten

Trinkwasserschutzgebiete erfordern bekannterweise einen besonderen Schutz vor der Kontamination des Grundwassers durch von der Fahrbahn abfließendes Niederschlagswasser sowie von umweltgefährdenden Medien aus undichten oder verunfallten, leckgeschlagenen Transportfahrzeugen. Den jeweils gültigen Wasserschutzregularien folgend wird bei der Planung und Ausführung von Infrastrukturprojekten besonderer Fokus darauf gelegt, anfallende Medien über gesonderte Entwässerungssysteme abzuleiten und somit vom Grundwasser und den verfügbaren Trinkwasserquellen fernzuhalten.

Für den Straßenoberbau und dessen Seitenbereiche gibt es deshalb besondere Anforderungen aus den Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten (RiStWag 16). Diese haben in der Folge Auswirkungen auf die Eignung und die bauliche Ausführung von Straßenausstattungen. Besonders als Versickerungsschutz verlegte Dichtungsfolien erfordern Maßnahmen bei der Anordnung von Schutzeinrichtungen: Wenn die Schutzeinrichtungen im Bereich solcher Abdichtungen errichtet werden müssen, darf die Abdichtung nicht durch Gründungsbauteile perforiert oder anderweitig beschädigt werden.

Gem. den RiStWag sind unverschiebliche, hinterfüllte Betonschutzwände auf dichten, gebundenen Unterlagen (Asphalt oder Beton) gut geeignet für eine Anwendung in Wasserschutzzonen. Die Installation entspricht dabei grundsätzlich der Regelbauweise, wobei ein besonderer Fokus auf die dauerhafte Abdichtung der vorhandenen Fugen gelegt wird. Hierdurch kann dann auf eine Abdichtung von Mulden und Böschungen verzichtet werden. Durch die vorgegebene Hinterfüllung ergibt sich weiterhin automatisch auch eine zusätzliche Ertüchtigung der Schutzeinrichtung in Bezug auf Widerstandsfähigkeit bei einem Fahrzeuganprall, was insbesondere in Trinkwasserschutzgebieten als bedeutender Vorteil gesehen werden kann.

a) Beispiel Schutzeinrichtung auf Streifenfundament im Streckenneubau

Im Zuge eines Projekts wurde innerhalb einer Wasserschutzzone eine Abdichtungsfolie in einer Tiefe von ca. 80 cm verlegt. Nach ursprünglicher Planung war im Bereich der Abdichtung das H1-W3-System „Eco-Safe BW" vorgesehen. Hierbei ist anzumerken, dass dieses System keine anprallgeprüften Leistungsdaten für eine Installation auf Streifenfundamenten vorweisen kann.

Im Projekt war geplant, auf einer Länge von ca. 2,7 km gem. den Herstellervorgaben ein mit 30 kg Bewehrungseisen je m^3 Beton bewehrtes Streifenfundament mit einem Querschnittsprofil von 0,6 x 0,6 m (0,36 m^3/m) auf einer 5–10 cm dicken Sauberkeitsschicht herzustellen. In Bereichen einer nahe angrenzenden Böschungskante musste die Höhe des Fundaments gem. den Herstellervorgaben zudem noch weiter vergrößert werden, da keine ausreichende Fundamenthinterfüllung realisiert werden konnte (siehe Bild 6).

Um im beschriebenen Projekt die Streifenfundamente herstellen zu können, mussten die bereits fertiggestellten Bankette großflächig wieder ausgebaut und entsorgt werden.

Hinzu kommt, dass eine Systeminstallation mit Regelabstand gem. Zeichnung aus der Einbauanleitung einen kaum einbaubaren, verdichtbaren und pflegbaren Bankettstreifen zwischen der Fahrbahn und dem Streifenfundament entstehen lässt. Mit der vorliegenden Einbautiefe des Fundaments bestand weiterhin zwangsläufig die Gefahr, die Deckenkonstruktion aus Asphalt seitlich zu unterhöhlen

und damit die Bettung in diesem Bereich dauerhaft zu schädigen. Um die Auswirkungen von Unterhöhlungen und Auflockerungen unter dem Asphaltkörper zu minimieren, wurde entschieden, den Asphaltkeil am seitlichen Fahrbahnrand entgegen der üblichen Vorgehensweise nicht zu entfernen.

Auf der gesamten Länge wurden für das Streifenfundament im Mittel etwa 0,43 m^3 Beton je Laufmeter Fundament verbaut, was einem Mehrvolumen von 20 % entspricht. Kombiniert mit einer Bewehrung von mind. 30 kg/m^3 und dem zu installierenden H1-System ergeben sich im Vergleich zu einer leistungsstärkeren H2-Betonschutzwand allein für die eingesetzten Materialien etwa dreifache Kosten.

Werden die Kosten für die Montage des Stahlsystems (je eine Arbeitskolonne zur Herstellung für das Streifenfundament und für die Schutzeinrichtung) zuzüglich der Erdbauarbeiten und Entsorgung betrachtet, ergeben sich bei der Aufstellung einer höherwertigen Betonschutzwand durch nur einen Arbeitsgang bzw. ein Arbeitsteam enorme Einsparungen mit Blick auf die Kosten, den Zeitbedarf und den Ausführungsaufwand.

b) Beispiel Schutzeinrichtung auf Streifenfundament im Bestandsprojekt

Im Zuge der grundhaften Erneuerung einer Autobahn in einer Wasserschutzzone wurde die Abdichtungsfolie im Bestand belassen und befand sich bei 45 cm unterhalb des Fahrbahnniveaus (siehe Bild 7).

Um hier ein Streifenfundament für das vorgesehene H1-W3-System „Eco-Safe BW" zu installieren, musste das Fundament gem. Herstellervorgaben auf 95 cm verbreitert werden, wodurch sich die erforderliche Betonmenge für das Streifenfundament von 0,36 m^3 um 20 % auf 0,43 m^3 je Laufmeter Konstruktion erhöhte.

Da die Entwässerung zum Rand gerichtet war, musste das Oberflächenwasser über Borde in die Entwässerungsrinne geleitet werden. Das wurde teilweise durch Fundamente gelöst, welche in einigen Bereichen mit Bordausbildung hergestellt wurden. In anderen Bereichen, in denen neue Borde gesetzt waren, musste das Fundament hinter der Borde hergestellt werden.

Da jedoch die Rückenstütze der vorhandenen Borde zum Teil weit in den Streifenfundamentbereich hineinragte, musste diese wieder größtenteils entfernt werden. Die verbliebene Rückenstütze führte im Bereich des vorderen Streifenfundaments zwangsläufig zu einer Querschnittsschwächung.

Im Vergleich zu der aufgezeigten sehr kosten- und zeitintensiven

Bild 7: Einbausituation im Projekt (Foto: Eurovia Infrastructure)

Ausführung wäre die Installation einer Betonschutzwand ohne Sonderlösung wesentlich preiswerter in kürzerer Bauzeit möglich gewesen. Bei einer Betonschutzwand bietet der Fuß zudem auch serienmäßig die grundsätzliche Möglichkeit einer Wasserführung. Die in Wasserschutzzonen geforderten dauerhaften Fugenabdichtungen stellen dabei keinen nennenswerten Zusatzaufwand dar. ■