

Kurzbericht zum BASt Forschungsprojekt FE 03.0471/2011/CRB

Untersuchungen zum Verhalten von Lang-Lkw beim Anprall an Schutzeinrichtungen aus Beton

Kurzbericht



SH 13.15

September 2014



Unfallforschung & Crash Test Center

Vorwort zur Veröffentlichung

Der vorliegende Kurzbericht zeigt für das Forschungsvorhaben FE 03.471/2011/CRB „Untersuchungen zum Verhalten von Lang-Lkw beim Anprall an Schutzeinrichtungen aus Beton“ die Aufgabenstellung, die Vorgehensweise und die wesentlichen Ergebnisse der Untersuchungen der DEKRA auf. Eine ausführliche Darstellung der Untersuchungen wird im zugehörigen Forschungsbericht zu finden sein, der in Kürze an dieser Stelle erscheint.

Aufgabenstellung

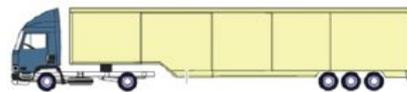
Vor dem Hintergrund prognostizierter Steigerungen beim Güterverkehrsaufkommen um 70% bis 2025 im Vergleich zum Jahr 2004 sind neben der Optimierung der bestehenden Verkehrswege-Infrastruktur ganzheitliche Maßnahmen zur Effizienzsteigerung des Gütertransports erforderlich. Der Straßengüterverkehr spielt hierbei eine ebenso wichtige Rolle wie die Verknüpfung der unterschiedlichen Verkehrsträger und die Kompatibilität derer Ladungsträger.

Als ein möglicher Ansatz zur Effizienzsteigerung werden dabei Fahrzeuge mit einem vergrößerten Ladevolumen angesehen. Aus diesem Grund war ein Feldversuch mit Fahrzeugen bzw. Fahrzeugkombinationen mit Überlänge, so genannten **Lang-Lkw**, Bestandteil des "Aktionsplans Güterverkehr und Logistik" des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVS) (heute "Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)"). Der gesamte Feldversuch wird von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) begleitet: In diesen Untersuchungen werden die Chancen und Risiken von längeren Fahrzeugen bzw. Fahrzeugkombinationen wissenschaftlich bewertet. Dazu gehören u.a. Untersuchungen zur Fahrzeugsicherheit, zum Einfluss auf die Umwelt und den Verkehrsablauf sowie zur Beanspruchung der Verkehrsinfrastruktur. Von erheblicher Bedeutung ist dabei die Betrachtung von Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit, die sich durch eine Teilnahme von Lang-Lkw am Straßenverkehr ergeben.

Das maximal zulässige Gesamtgewicht der im Rahmen des Feldversuchs zugelassenen Fahrzeugkombinationen beträgt dabei 38t bzw. 44t im kombinierten Verkehr. Die Gesamtlänge der Fahrzeuge wird auf maximal 25,25 m erhöht. Mögliche Fahrzeugkombinationen sind in Abbildung 1 schematisch dargestellt. Die Achsenanzahl kann dabei für die einzelnen Lang-Lkw Typen von der dargestellten abweichen.

Wesentliche Fragen der wissenschaftlichen Begleituntersuchungen zum Feldversuch beschäftigen sich mit dem Thema der Verkehrssicherheit. Einen wichtigen Beitrag zur Verkehrssicherheit im deutschen Fernstraßennetz leistet eine effektiv funktionierende Straßenausstattung. Wesentlicher Bestandteil der Straßenausstattung im Falle eines Unfalls sind Fahrzeugrückhaltesysteme, die das Abkommen eines Fahrzeugs durch insassenschonendes Zurückgleiten auf die Fahrbahn sowie einen möglichen Durchbruch von schwereren Fahrzeugen durch den Mittelstreifen auf die Gegenfahrbahn verhindern sollen. Anforderungen an Fahrzeugrückhaltesysteme sind dabei in den jeweiligen Teilen der EN 1317 definiert.

Kenntnisse über das Anprallverhalten von Lang-Lkw an Schutzeinrichtungen aus Beton liegen derzeit nicht vor. Das vorliegende Forschungsvorhaben soll - zusammen mit ergänzenden Untersuchungen der DEKRA und den Ergebnissen des Forschungsvorhabens FE 03.0491 "Untersuchungen zum Verhalten von Lang-Lkw beim Anprall an Schutzeinrichtungen aus Stahl" - dementsprechend Erkenntnisse als Basis für eine Abschätzung bereitstellen, inwieweit die vorhandenen bzw. bei Neubauvorhaben standardmäßig eingesetzten Schutzeinrichtungen aus Beton zum Schutz besonders gefährdeter Bereiche (= Aufhaltestufe H4b) geeignet sind, solche Lang-Lkw sicher aufzuhalten. In diesem Zusammenhang ist es allein zielführend, die wesentlichen, generellen Charakteristika von Schutzeinrichtungssystemen aus Beton und nicht einzelne Herstellersysteme zu betrachten.



Typ 1: Sattelzugmaschine mit Sattelanhänger (Sattelkraftfahrzeug) bis zu einer Gesamtlänge von 17,80 Metern



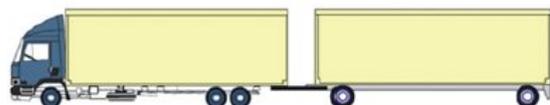
Typ 2: Sattelkraftfahrzeug mit Zentralachsanhänger bis zu einer Gesamtlänge von 25,25 Metern



Typ 3: Lastkraftwagen mit Untersetzachse und Sattelanhänger bis zu einer Gesamtlänge von 25,25 Metern



Typ 4: Sattelkraftfahrzeug mit einem weiteren Sattelanhänger bis zu einer Gesamtlänge von 25,25 Metern



Typ 5: Lastkraftwagen mit einem Anhänger bis zu einer Gesamtlänge von 24,00 Metern

Abbildung 1 Mögliche Fahrzeugkombinationen im Feldversuch

Methodisches Vorgehen

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens erfolgten zunächst theoretische Betrachtungen in Form von Auswertungen der internationalen Publikationen in Printmedien und Internet. Außerdem wurden Untersuchungen von analytischen Gutachten der DEKRA-Unfalldatenbank und Pressemeldungen zu Unfällen in Deutschland durchgeführt. Unter Zuhilfenahme eines Programms aus der Unfallrekonstruktion (PC-Crash) erfolgten zudem einfache Simulationen von Anprallen mit unterschiedlichen Fahrzeugkonzepten. „Was-Wäre-Wenn“-Fallbetrachtungen anhand von realen Unfallverläufen ergänzten die theoretischen Betrachtungen.

Diese theoretischen Betrachtungen dienten zur Analyse der IST-Situation sowie zur Ermittlung und Beurteilung möglicher Einflussfaktoren auf den Anprallverlauf von Sattelkraftfahrzeugen an Schutzeinrichtungen und einer Betrachtung der Relevanz für den Lang-Lkw. Untersucht wurden dafür mögliche Einflussparameter aus den Bereichen „Fahrzeug“, „Schutzeinrichtung“, „Beladung“ und „Anprallvorgang“. Resultierend wurden damit die relevante Parameterkonstellation für den anschließenden Anprallversuch unter Beachtung möglicher Rahmenbedingungen in der Prüfungssituation, im Feldversuch und in der Verkehrsrealität erarbeitet.

Anhand dieser Parameterkonstellation werden das Prüffahrzeug, die Schutzeinrichtungen, das Beladungsszenario und der Verlauf des Anprallvorgangs ausgewählt und festgelegt. Hier gingen zudem Erkenntnisse aus weiteren Untersuchungen, die im Rahmen des Feldversuchs vorgenommen wurden, ein. Im Vordergrund standen für die Auswahl eine möglichst große Vergleichbarkeit mit den standardisierten Anprallversuchen gemäß EN 1317 sowie eine mögliche Übertragbarkeit der Erkenntnisse auf andere Fahrzeugkombinationen, Schutzeinrichtungen und Anprallsituationen. Damit die Ergebnisse mit denen des parallel durchgeführten Forschungsprojekts zur Untersuchung des Anprallverhaltens von Lang-Lkw an Schutzeinrichtungen aus Stahl verglichen werden können, wurden in beiden Forschungsprojekten identische Konfigurationen verwendet und nur die Einflussparameterwerte für die untersuchte Schutzeinrichtung variiert.

Auf Basis der Erkenntnisse der o.g. Voruntersuchungen wurde anschließend ein Anprallversuch mit einem Lang-Lkw als Prüffahrzeug an eine Betonschutzeinrichtung in Anlehnung an die europäische Prüfnorm EN 1317 durchgeführt, erfasst und ausgewertet.

Erkenntnisse der theoretischen Betrachtungen

Im Rahmen der theoretischen Analysen wurden mögliche Einflussparameter auf ihre Relevanz bei Kollisionen von Lang-Lkw gegen passive Schutzeinrichtungen untersucht. Dabei wurden sowohl fahrzeugseitige als auch schutzeinrichtungsseitige Faktoren betrachtet.

Die Analyse internationaler Studien zur Thematik der "Longer and Heavier Vehicles" ergab ein sehr uneinheitliches Bild des Unfallgeschehens. Festhalten lässt sich, dass derartige Fahrzeugkombinationen im außerörtlichen Fernverkehr tendenziell ein geringeres Unfallrisiko aufweisen als konventionelle Sattelkraftfahrzeuge und -züge. Zum Anprallverhalten gegen Schutzeinrichtungen konnten keine konkreten Informationen gefunden werden.

Die internetbasierte Analyse von Unfallfilmen aus diversen Videoportalen lieferte sehr gute Erkenntnisse zum Verhalten von Lkw mit Anhängern sowie Sattelzügen vor ("Pre-Crash"), während und nach dem Anprall. Die das Forschungsprojekt bearbeitenden Ingenieure konnten sich so ein sehr gutes Bild vom Anprallverhalten unterschiedlicher Fahrzeugkombinationen machen. Diese Erkenntnisse waren sowohl für die Einschätzung der Plausibilität der im Rahmen dieses Forschungsvorhabens durchgeführten Simulationen als auch zur Ermittlung des für den Anprallversuch erforderlichen Worst-Case-Szenarios wichtig.

Die Analyse von DEKRA Unfallgutachten verfestigte die gewonnenen Erkenntnisse. Sie ergab wichtige Hinweise hinsichtlich der bereits bekannten Parameter wie Anprallwinkel, Fahrzeugmassen, Geschwindigkeiten und zu Parametern der verwendeten Schutzeinrichtungen inklusive genauer Beschreibungen der entstandenen Beschädigungen und sonstigen Unfallfolgen und erweiterte so die vorhandenen Kenntnisse von Unfall- und Anprallabläufen.

Durch "Was-Wäre-Wenn" - Fallbetrachtungen konnten die zu erwartenden Anprall- und Folgeszenarien für den Fall abgeschätzt werden, dass statt der real verunfallten Fahrzeugkombination verschiedene Lang-Lkw Typen unter ansonsten identischen Bedingungen beteiligt wären.

Mit der für die Unfallrekonstruktion entwickelten Software PC-Crash wurden Kollisionen unterschiedlichster Lang-Lkw-Fahrzeugkombinationen mit variierenden Beladungen simuliert. Dies ermöglichte eine noch bessere Kenntnis des Einflusses fahrzeugverbindender Komponenten. Auch die Wechselwirkungen von Höhe der Schutzeinrichtung, Schwerpunktshöhe und Massenverteilung der einzelnen Fahrzeugteile konnten so konkretisiert werden.

Als Ergebnis der theoretischen Analyse lässt sich feststellen, dass auch mit Lang-Lkw Anprallwinkel gegen Schutzeinrichtungen von 20° und Anprallgeschwindigkeiten von 65 km/h im normalen Unfallgeschehen erreicht werden können. Durch den verpflichtenden Einbau von Fahrdynamikregelsystemen in Lang-Lkw im Rahmen des Feldversuchs ist davon auszugehen, dass das Unfallrisiko gegenüber konventionellen Last- und Sattelzügen ohne entsprechende Systeme reduziert wird.

Bei Unfällen mit Anprallwinkeln von über 10° bezogen auf die Schwerpunktsbahn kommt es in der Pre-Crash-Phase häufig zu einem instabilen Fahrverhalten. Bei Lastzügen war häufig ein Aufschaukeln der Anhänger zu beobachten, bei den Zugfahrzeugen eine Driftbewegung im Gegenuhrzeigersinn. Bei Sattelzügen war häufig ein Einknicken, das sogenannte "jack-knifing" festzustellen, wobei hier keine eindeutige Tendenz einer Richtung erkennbar ist.

Die für die Verkehrsunfallrekonstruktion entwickelte Software PC-Crash Version 9.0 wurde für die Simulationen verwendet. Unterschiedliche Lang-Lkw-Kombinationen, unterschiedliche Lasten und Lastverteilungen sowie Schutzeinrichtungshöhen wurden betrachtet. Ein Schwerpunkt war zusätzlich der Einfluss der fahrzeugverbindenden Teile. Abbildung 2 zeigt das Ergebnis einer Simulation eines Anprallvorgangs.



Abbildung 2 Endlage des Sattelzugs

In den Simulationen zeigte sich, dass bei der Fahrzeugkombination die Zahl der Drehachsen, die Steifigkeit und der mögliche Rotationsgrad der Verbindungen sowie der Abstand der Drehachsen zueinander einen wesentlichen Einfluss auf das Anprallverhalten haben. Die Parameter stehen dabei in Wechselbeziehung zur Ladungs- und Schwerpunktsverteilung.

Bezüglich der Positionierung der Ladung auf den einzelnen Fahrzeugen der verschiedenen Lang-Lkw Typen zeigte sich in den Simulationen erwartungsgemäß, dass eine möglichst gleichmäßige Verteilung über die gesamte Fahrzeuglänge ent-

sprechend den jeweiligen Laderaumvolumina und eine möglichst niedrige Schwerpunkts Höhe ein Kipprisiko minimieren. Jede Anhebung der Schwerpunkts Höhe – auch nur in einzelnen Laderäumen – steigerte das Kipprisiko sofort beträchtlich.

Bei Fahrzeugkombinationen mit zwei räumlich deutlich voneinander getrennten Verbindungs- und Drehpunkten, wie bei den Lang-Lkw vom Typ 2 und Typ 4, kommt es so zu drei Anstößen am selben Punkt der Schutzeinrichtung. Diese Art der Belastung wird in Prüfungen nach EN 1317 nicht abgeprüft.

Die theoretischen Betrachtungen haben weiterhin gezeigt, dass die Verbindung eines Sattelauflegers mit einer Sattelzugmaschine deutlich weniger Rotation um die Längsachse zulässt als eine Kupplungs-Deichselverbindung. Durch gegenseitiges Stabilisieren weisen Sattelzüge so ein geringeres Kipprisiko auf als die einzelnen Komponenten eines Lastzugs. Nach Erreichen der Endstellung kann es durch die größere Fahrzeuglänge dazu kommen, dass größere Bereiche der Fahrbahn (z. B. ein weiterer Fahrstreifen) blockiert werden. Dadurch steigt das Risiko für Folgekollisionen

Bei einer "Was-Wäre-Wenn" - Fallbetrachtung erfolgt die Variation eines einzelnen Parameters eines realen Unfalls mit anschließender Rekonstruktion unter Einbeziehung der veränderten Einflussgröße. Im vorliegenden Forschungsprojekt wurden die anprallen Last- und Sattelzüge durch Lang-Lkw unterschiedlicher Zusammenstellung ersetzt. Die "Was-Wäre-Wenn" - Fallbetrachtung hat gezeigt, dass der Ersatz des tatsächlich verunfallten Fahrzeugs durch einen Lang-Lkw in einem Großteil der Fälle möglich ist und hinsichtlich der Auswirkungen der Mehrgliedrigkeit trotz größerer Länge keine wesentlichen Änderungen im Unfallgeschehen angenommen werden können. Dies gilt insbesondere für Unfälle mit flachen Anprallwinkeln ohne vorhergehende oder folgende fahrdynamische Instabilitäten. Eine Änderung der Schwerpunktslage wurde hierbei nicht betrachtet. Es hat sich weiterhin gezeigt, dass etliche Fälle durch ein Fahrdynamik-Regelsystem vermieden oder in ihren Folgen deutlich geringer ausgefallen wären. Da ein solches System verbindlich für Lang-Lkw vorgeschrieben ist, ist für diese Fahrzeugkombinationen von einer geringeren Eintrittswahrscheinlichkeit für diese Unfälle auszugehen.

Bedingt durch die komplexe Wechselwirkung der einzelnen Fahrzeugparameter – darunter auch mit denen der Schutzeinrichtung - war es nicht möglich, eine verbindliche pauschale Rangfolge der fahrzeugseitigen Einflussfaktoren zu generieren. Es hat sich aber gezeigt, dass die

Schwerpunktlage, die Anzahl, Lage und Ausbildung der Drehachsen und die Gesamtmasse des Fahrzeugs wesentliche Einflussparameter darstellen. Hiervon wird insbesondere die Kippneigung beeinflusst. Ähnliches Bild ergab sich für die Schutzeinrichtungen: Hier zeigten sich die Steifigkeit, Höhe und Form der Schutzeinrichtung als wichtige Einflussparameter.

Auswahl der Parameter für den Anprallversuch

Die endgültige Festlegung der Einflussparameterwerte für den Anprallversuch erfolgte in Expertenrunden. Daran nahmen Wissenschaftler der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Vertreter des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und Experten des Forschungsnehmers teil. Diskutiert wurden die Einflussfaktoren, deren erwartete Wirkung und Wechselwirkung für das Versuchsfahrzeug, die Beladung, die Schutzeinrichtung und die Versuchsdurchführung auf Basis vorgenannter Analysen.

Die Fahrzeugkombination Typ 3 zeigte in der theoretischen Betrachtung sowie in den einfachen Simulationen, dass sie durch ihre Eigenschaften ungünstig in Bezug auf das Anprallverhalten zu beurteilen ist. Weitere Untersuchungen im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung ergaben, dass dieser Typ am häufigsten im Feldversuch zum Einsatz kommt.

Ausgewählt für die Schutzeinrichtung der Aufhaltestufe H4b wurde eine 110 cm hohe Betonschutzwand in Ortbetonbauweise. Kriterien für die risikoorientierte Auswahl waren unter anderem die Verwendungshäufigkeit im deutschen Fernstraßennetz sowie die aktuelle Verwendbarkeit durch einen Eintrag in der Einsatzfreigabeliste (EFG-Liste) der BASt.

Die Schutzeinrichtung wurden bereits zur Feststellung ihrer Leistungsdaten einer „konventionellen“ Anprallprüfung mit einem 38 t-Sattelkraftfahrzeug nach EN 1317 unterzogen.

Neben der reinen Fahrzeugauswahl stellte sich in den theoretischen Betrachtungen die Beladungsverteilung als wesentliche Einflussgröße heraus: Es hat sich gezeigt, dass die möglichen Beladungsvolumen der am Feldversuch teilnehmenden Lang-Lkw zu deutlich über 90 % ausgenutzt werden. Der sich ergebende Schwerpunkt der Beladung erhöht sich dadurch im Vergleich zu den Vorgaben der EN 1317. Die Auswahl fiel auf eine über beide Fahrzeugteile gleichverteilte Beladung – repräsentiert durch die entsprechende Schwerpunktposition – unter Berücksichtigung der maximal zulässigen Achslasten. Die Realisierung er-

folgte durch eine Stahlkonstruktion mit Betonplatten, die in Anlehnung an die Vorgaben der EN 1317 fest auf den Plattformen der Fahrzeugteile fixiert wurde.

Aus Gründen der Vergleichbarkeit sind die Grundsätze, die in den EN 1317 für die Prüfung von Schutzeinrichtungen der Aufhaltestufe H4b verwendet werden, übernommen worden: Dazu gehört es, eine fixierte, möglichst gleichmäßig verteilte Beladung des Prüffahrzeugs sowie die in den EN 1317 vorgegebenen Werte für Anprallgeschwindigkeit und -winkel für den Anprallversuch mit dem Lang-Lkw zu übernehmen.

Die Festlegungen sind in der Übersicht in Tabelle 1 zusammengefasst.

Fahrzeugtyp	Lang-Lkw Typ 3
Gesamtmasse	38 t
Ladegut	Betongewichte auf Stahlkonstruktion, fest fixiert
Beladungsszenario	Masse entsprechend Laderaumvolumen, Ladungsschwerpunkt vertikal auf halber Höhe der Laderäume, Einhaltung von max. zul. Gesamtgewicht und max. zul. Achslasten
Anprallwinkel	20°
Anprallgeschwindigkeit	65 km/h
Schutzeinrichtung aus Beton	H4b Betonschutzeinrichtung in Ortbetonbauweise (TSS Safetybear)

Tabelle 1 Festlegungen für den Anprallversuch

Durchführung und Verlauf des Anprallversuchs

Der Anprallversuch wurde entsprechend den getroffenen Festlegungen auf dem DEKRA Testgelände in Eggebek durchgeführt. Verwendet wurde als Prüffahrzeug ein Zugfahrzeug mit angehängter gelenkter Untersetzachse und einem Sattelaufleger. Die Beladung erfolgte entsprechend den möglichen Volumenanteilen auf Zugfahrzeug und Sattelaufleger. Der Beladungsschwerpunkt lag jeweils in der Höhenmitte. Der Gesamtschwerpunkt lag damit oberhalb der in EN 1317 genannten Schwerpunktshöhe.

Das beladene Prüffahrzeug und die gewählte Betonschutzeinrichtung sind in den folgenden Abbildungen dargestellt.



Abbildung 3 Gesamtansicht des Versuchsfahrzeugs



Abbildung 4 Betonschutzwände aus Annäherungsrichtung

Die Schutzeinrichtung wurde zweireihig wie in Mittelstreifen auf Bundesautobahnen aufgestellt.

Für die Anfahrtsstrecke wurde eine Länge von 1.000 m gewählt. So wurde sichergestellt, dass nach Erreichen der Zielgeschwindigkeit eine Fahrt bis zum Anprallpunkt mit konstanter Geschwindigkeit erfolgt. Der Anprall am vorgesehenen Punkt des Fahrzeugrückhaltesystems im richtigen Winkel wurde durch eine optische Fahrzeugführung sichergestellt.

Die Dokumentation erfolgte mit mehreren Kameras und Sensoren.

Für den Versuch fuhr das Fahrzeug aus eigener Kraft. Die Führung erfolgte über ein optisches Fahrzeugführungssystem, welches die Anprallgeschwindigkeit und den richtigen Anprallwinkel sicherstellte. Die Messung der Anprallgeschwindigkeit erfolgte über eine Lichtschranke, die Beschleunigungen wurden mittels mehrerer eingebauter Unfalldatenschreiber aufgezeichnet. Zur Dokumentation kamen zahlreiche hochauflösende Echtzeit- und Highspeedkameras zum Einsatz. Zusätzlich wurde das Fahrzeug mit Mitfahrkameras bestückt. Neben Überkopfaufnahmen aus einem 40-m-Hubsteiger kam eine Helicam an Bord eines ferngesteuerten Helikopters für „Luftaufnahmen“ zum Einsatz.

Die Zielgeschwindigkeit von 65 km/h war nach einer Strecke von etwa 650 m erreicht. Die verbleibenden ca. 350 m wurden mit konstanter Geschwindigkeit zurückgelegt.

Die Anprallgeschwindigkeit lag bei 65,7 km/h, der Anprallwinkel relativ zur Schutzeinrichtung bei $20,1^\circ$.

Der Anprallpunkt wurde in einem Abstand von 26,67 m vom Beginn der Betonschutzwand gewählt. Die genaue Anprallkonstellation zeigt Abbildung 5.



Abbildung 5 Stellprobe des Lang-Lkws

Nach dem Erstkontakt wurde das Zugfahrzeug von der Betonschutzwand nach rechts umgelenkt und an der Wand entlang geführt. Durch die Reibung zwischen Betonwand und Zugfahrzeug-Frontbereich kam es um diese Längsachse zu einem leichten Kippen des Fahrzeugs zum System hin. Das rechte Vorderrad wurde angehoben. Die Kippneigung wurde nach Abschluss der Umlenkbewegung durch den hohen Schwerpunkt der Zuladung verstärkt.



Abbildung 6 Komplettes Anliegen des Zugfahrzeugs an der Schutzeinrichtung und leichtes Kippen ohne Umsturzgefahr

Während des Zugfahrzeug-Anpralls kam es zu keinem relevanten Einlenken der Deichsel der Untersetzachse. Erst unmittelbar vor Kontakt des Aufliegers mit der Betonschutzwand kam es hier zu einer Richtungsänderung durch das abgeleitete Zugfahrzeug. Die Videoanalyse zeigt, dass es dabei trotz der Kippneigung des Zugfahrzeugs zu keiner nennenswerten Torsion in der Deichsel kam. Der Ausgleich erfolgte hier über die Kupplung des Zugfahrzeugs.

Der Erstkontakt des Aufliegers mit der Betonschutzwand führte zu einer kurzen Verzögerung des Zugfahrzeugs. Der Auflieger wurde ebenfalls abgeleitet und folgte dem Zugfahrzeug. Es kam zu

einer sehr starken Kippbewegung des Aufliegers in Richtung der Betonwand. Eine Stabilisierung des Aufliegers durch das Zugfahrzeug bzw. einer Destabilisierung des Zugfahrzeugs durch den kippen den Auflieger erfolgte nicht. Die hinteren rechten Räder des Aufliegers hatten keinen Bodenkontakt mehr. Es kam zu einem Aufliegen der linken Seite des Aufliegers auf der anprallseitigen Betonschutzwand, wie Abbildung 7 zeigt.



Abbildung 7 Umsturz des Aufliegers auf die Betonschutzwand, Wegdrücken des Zugfahrzeug-Hecks

Begünstigt durch die Schräge des Ballastgestells auf dem Auflieger rutschte der Auflieger von der Betonschutzwand. Dabei wurde das Heck des Zugfahrzeugs von der Wand weggedrückt, die Front glitt weiter an der Wand entlang.

Durch das Reiben der Auflieger-Stirnwand an der Betonschutzwand löste sich das Heck des Aufliegers von der Wand, Zugfahrzeug und Aufliegerfront glitten weiter daran entlang. Abbildung 8 zeigt die Endlage des Lang-Lkws nach dem Anprallversuch. Es kam zu keinem Ablösen eines der drei Fahrzeugteile.



Abbildung 8 Endstellung des Zugfahrzeugs am Ende der Betonschutzwand

Ergebnis des Anprallversuchs

Die stärksten Beschädigungen an der Schutzeinrichtung fanden sich ca. 25 – 35 m nach Beginn der Betonschutzwand. Weitere Bereiche der Betonschutzwand weisen deutliche Beschädigungen in Form von Ausbrüchen oder Rissen auf. So ist in einem Bereich ein komplett durchgehenden Diagonalriss aufgetreten. An der stoßzugewandten Seite findet sich zudem ein durchgängiger Riss im Fußbereich. Die innenliegende Bewehrung war allerdings durchgehend intakt. Aus dem Kopfbereich lösten sich mehrere Bruchstücke auf der stoßabgewandten Seite. Diese fanden sich unmittelbar hinter der Betonschutzwand auf dem Boden liegend wieder. Hierbei wurde die innenliegende Bewehrung freigelegt, die wiederum keine Beschädigung aufwies, wie in Abbildung 9 zu erkennen ist.



Abbildung 9 gelöste Bruchstücke aus dem Kopfbereich von Segment 7 (Ansicht)

Weiterhin konnten an der Wand Schleif- und Kratzspuren festgestellt werden.

Das Prüffahrzeug hat die zweireihig aufgestellte Schutzeinrichtung aus Beton nicht durchbrochen. Die Hauptlängselemente (hier: innenliegende Bewehrung) sind intakt. Das Prüffahrzeug wurde so zurückgeleitet, dass eine eventuelle Gefährdung des Gegenverkehrs verhindert wird.

Die Fahrzeugteile (Zugfahrzeug, Dolly und Sattelanhänger) wurden durch den Anprall nicht voneinander getrennt, allerdings sind Teile der Fahrzeugkombination nach dem Anprall auf die Seite gefallen. Abbildung 10 zeigt die Endlage des Prüffahrzeugs.

Verglichen mit bei DEKRA im Rahmen anderer Vorhaben durchgeführten Anprallversuchen gegen Betonschutzeinrichtungen zeigte sich, dass der geringere Rotationswiderstand der Fahrzeugverbindung eine Stabilisierung des Aufliegers durch das Zugfahrzeug verhinderte. Im Gegenzug bestand aber auch keine Gefahr, dass der umstürzende Auflieger das Zugfahrzeug mitreißt.

Die bei schnelleren Fahrten stabilisierend wirkende Aussteifung der lenkbaren Untersetzachse steht bei einem Anprall nicht mehr zur Verfügung. Die Aussteifung wurde kollisionsbedingt außer Kraft gesetzt.



Abbildung 10 Endlage des Prüffahrzeugs

Die Betonschutzeinrichtung zeigt den Verlust von wenigen Bruchstücken > 2 kg durch den Anprall, die allerdings nicht in den Gegenverkehrsraum geschleudert wurden. Es drangen keine Teile der Schutzeinrichtung in den Fahrzeuginnenraum ein. Die Fahrerkabine waren weitestgehend intakt. Die Schutzeinrichtung aus Beton hat den Lang-Lkw vom Typ 3 allein unter Mitwirkung der ersten Reihe aufgehalten. Es sind deutliche Schäden durch den Anprall zu erkennen. Alle in der EN 1317 gestellten Anforderungen für eine konventionelle Anprallprüfung an Schutzeinrichtungen der Aufhaltstufe H4b zur Bestimmung der Leistungsdaten hinsichtlich Aufhaltevermögen wurden bis auf das umgekippte Fahrzeugteil eingehalten.

Schlussfolgerungen

Der Anprallversuch hat gezeigt, dass der 38 t-schwere Lang-Lkw vom Typ 3 die zweireihig aufgestellte Schutzeinrichtung aus Beton der höchsten Aufhaltstufe H4b, die für einen Anprall eines 38 t-Sattelkraftfahrzeugs konzipiert wurde, nicht durchbrochen hat. Unter verhiertem „Durchbruch“ ist hier zu verstehen, dass die Schutzeinrichtung das Fahrzeug ohne vollständigen Bruch eines der Hauptlängselemente (hier: der innenliegenden Bewehrung) aufgehalten und den Lang-Lkw so zurückgeleitet hat, dass eine eventuelle Gefährdung des Gegenverkehrs verhindert wird. Die Betonschutzwand zeigte ein sehr hohes Schutzpotenzial beim Anprall des gewählten Lang-Lkw-Typs. Der Wirkungsbereich war deutlich besser als in der Erstprüfung des Systems. Dies ist sicherlich eine Konsequenz des höheren Schwerpunkts und der damit einhergehenden verstärkten Kippneigung.

Insgesamt zeigte sich, dass die Betonschutzwand eine ausreichende Leistungsfähigkeit zum Aufhalten von Lang-Lkw des getesteten Typs besitzt. Da der gewählte Typ 3 durch die Kombination aus zwei starken Impulsen gegen die Schutzeinrichtung und die Fahrzeugverbindung mit nur einem geringen Rotationswiderstand einen ungünstigen Fall darstellt, kann abgeschätzt werden, dass auch die anderen Lang-Lkw-Typen zuverlässig zurückgehalten werden können.

Die Fahrzeugteile (Zugfahrzeug, Dolly und Sattelanhänger) wurden durch den Anprall nicht voneinander getrennt, allerdings sind Teile der Fahrzeugkombination nach dem Anprall auf die Seite gefallen. In einer konventionellen Anprallprüfung zur Bestimmung der Leistungsdaten gemäß EN 1317 wird dieses Verhalten angesprochen: die Prüffahrzeuge dürfen nicht auf die Seite fallen oder sich überschlagen. Dieser Aspekt soll sinnvollerweise u.a. die Gefahren für den nachfolgenden Verkehr im Falle eines Unfalls reduzieren. Die Prüfnorm EN 1317 berücksichtigt allerdings aktuell mehrgliedrige Fahrzeugkombinationen in ihren Prüfvorschriften nicht. Das beobachtete Fahrzeugverhalten ist dementsprechend sicherlich als ungünstig, aber nicht als Ausschlusskriterium zu bewerten.