

# Unfälle mit Durchbruch der Schutzeinrichtungen in Mittelstreifen auf Bundesautobahnen\*

E.-M. Flunkert, J. Gerlach

**Zusammenfassung:** Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurden 240 Unfälle erfasst, bei denen die Schutzeinrichtung im Mittelstreifen durchbrochen wurde, also das Fahrzeug, Teile dessen oder Teile der Schutzeinrichtung auf die Gegenfahrbahn geraten sind oder ein Anprall an ein Hindernis im Mittelstreifen stattgefunden hat. Aus der Analyse der Durchbrüche ging hervor, dass es sich um relativ seltene, flächenhaft verteilte Ereignisse handelt. Als problematisch für die Ableitung von Einsatzempfehlungen für Systeme mit einem sehr hohen Aufhaltevermögen hat sich gezeigt, dass nur bei 17,5 % der Durchbruchunfälle ein Zusammenhang mit der Streckencharakteristik ableitbar ist. Da mit dem Anprall an steifere Schutzeinrichtungen eine erhöhte Verletzungsgefahr der Fahrzeuginsassen einhergeht, ist jedoch ein flächendeckender Einsatz dieser Systeme nicht zielführend. Der Einsatz von Systemen mit sehr hohem Aufhaltevermögen sollte dennoch in Streckenabschnitten in Erwägung gezogen werden, in denen es vermehrt zu Abkommensunfällen des Schwerverkehrs gekommen ist und bei denen die im Rahmen der Untersuchung als auffällig identifizierten besonderen Charakteristika vorliegen. Weiterhin sollten aber auch weitere Maßnahmen (z. B. die Anlage von Rüttelstreifen) in Betracht gezogen werden, um Abkommensunfälle sowie Durchbrüche zu verhindern.

## Accidents with a breakthrough of central barriers on German motorways

**Abstract:** 240 accidents with a breakthrough of the central barrier on German motorways were identified and analyzed. This type of accident is characterized by a vehicle, parts of a vehicle or parts of the central barrier ending up on the opposite lane due to a collision with the central barrier or by contact of a vehicle with an obstacle in the central divide. The accident analysis concluded that the type of breakthrough is a relatively rare, spatially evenly distributed occurrence. It has proven to be difficult for the deduction of implementation guidelines that for only 17.5 % of all breakthrough accidents a correlation with the route characteristics could be deduced. Since the accident analysis has illustrated that the collisions usually result in an increased injury probability for vehicle occupants, a recommendation for a system-wide general use of barriers with a very high containment capability cannot be regarded as purposeful. Its implementation should be taken into consideration for route segments characterized by an increased number of deviation accidents by heavy truck traffic and which also feature special route characteristics as identified by this study. Other corresponding and supporting measures such as the construction of rumble strips should also be regarded as suitable for the prevention of run off or breakthrough accidents. This report is based on parts of the research project carried out at the request of the Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development, represented by the Federal Highway Research Institute, under research project No. 82.0282/2004. The authors are solely responsible for the content.

**Dokumentation:** Flunkert, E.-M., Gerlach, J.: Unfälle mit Durchbruch der Schutzeinrichtungen in Mittelstreifen auf Bundesautobahnen. Z. f. Verkehrssicherheit 56 (2010) Nr. 2, S. 85

**Schlagwörter:** Analyse (6471), Autobahn (2752), Deutschland (8125), Forschungsarbeit (8557), Passives Sicherheitssystem (1387), Straßenentwurf (2855), Straßenverkehrstechnik (0675)

## Einleitung

Diesem Bericht liegen Teile der im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, vertreten durch die Bundesanstalt für Straßenwesen, unter FE-Nr. 82.0282/2004 durchgeführten Forschungsarbeit „Sicherheitsbewertungen von Maßnahmen zur Tren-

nung des Gegenverkehrs in Mittelstreifen auf Bundesautobahnen“ [1] zugrunde. Forschungsnehmer für den Teil „Statistische Unfallanalysen und Einsatzempfehlungen“ war das Lehr- und Forschungsgebiet Straßenverkehrsplanung und -technik an der Bergischen Universität Wuppertal und für den Teil „Unfallanalyse und -rekonstruktion“ die DEKRA Automobil GmbH in Stuttgart. Die Verantwortung für den Inhalt liegt allein bei den Autoren.

Bundesweit ereignen sich jährlich rund 17.000 Unfälle mit Personenschaden und schwerem Sachschaden mit Schutzplankenkontakten im Seitenraum sowie im Mittelstreifen von Autobahnen (Betrachtungszeitraum: 2004 bis 2006). Bei wie vielen dieser Unfälle es zu einem

Durchbrechen der Schutzeinrichtung im Mittelstreifen gekommen ist, war bislang unbekannt. Ein wesentliches Ziel der Untersuchung war es, Informationen über die Anzahl, die Charakteristik und die Folgen von Unfällen zu gewinnen, bei denen es zu einem Durchbrechen der Schutzeinrichtung im Mittelstreifen gekommen ist. Daher wurden Durchbruchunfälle sowie teilweise auch zugehörige Streckenparameter der Unfallstellen analysiert. Unter einem Durchbruchunfall werden dabei Unfälle verstanden, bei denen das Fahrzeug bzw. Teile dessen oder Teile der Schutzeinrichtung auf die Gegenfahrbahn geraten sind oder ein Anprall auf Einrichtungen im Mittelstreifen (z. B. Schildermasten) stattgefunden hat. Gelangen nur Teile der Ladung auf die Gegenfahrbahn, so wurden diese Unfälle im Rahmen der Untersuchung nicht als Durchbruchunfälle einbezogen.

In Kenntnis der Relevanz von Durchbruchunfällen auf Autobahnen, der charakteristischen Rahmenbedingungen und der potenziellen Wirkungen von Betonschutzwänden (BSW) und steiferen Stahlschutzplanken (SSSP) galt es, Einsatzmöglichkeiten von Schutzeinrichtungen mit einem sehr hohen Aufhaltevermögen (Aufhaltestufe H4a und H4b, wobei derzeit in Deutschland nur H4b-Systeme geprüft sind und zum Einsatz kommen) soweit möglich abzuleiten und zu diskutieren.

Erkenntnisse aus Anprallversuchen zeigen, dass Pkw im Falle eines Anpralls an BSW unter einem Winkel von bis zu 20° vorwiegend parallel zur Schutzwand abgelenkt werden. Der profilierte Fußbereich lässt das Fahrzeug auffahren, sodass es zu einem Anheben des Fahrzeugs kommt und damit ein Teil der Anprallenergie umgewandelt wird.

Übliche und geprüfte Querschnittsprofile sind das New-Jersey-Profil aus den USA (vgl. Bild 1) und das Step-Profil aus den Niederlanden. Bei SSSP befinden sich hinter den Holmen zusätzliche Deformationselemente in Form eines Rohrs bei dem Produkt Super Rail (vgl. Bild 2) oder einer Wabe bei dem Produkt Maxi Rail. Bei einem Anprall wird die Energie des Fahrzeugs durch Verformung der Deformationselemente und der Stahlschutzplanke absorbiert.

## Methodik

Zunächst wurde eine umfassende Bestandsaufnahme aller Unfälle, bei denen es im Zeitraum von 2004 bis 2006 zu einem Durchbruch der Schutzeinrichtung im Mittelstreifen auf Autobahnen gekommen ist, durchgeführt. Diese bilde-

\* Peer-Reviewed Article

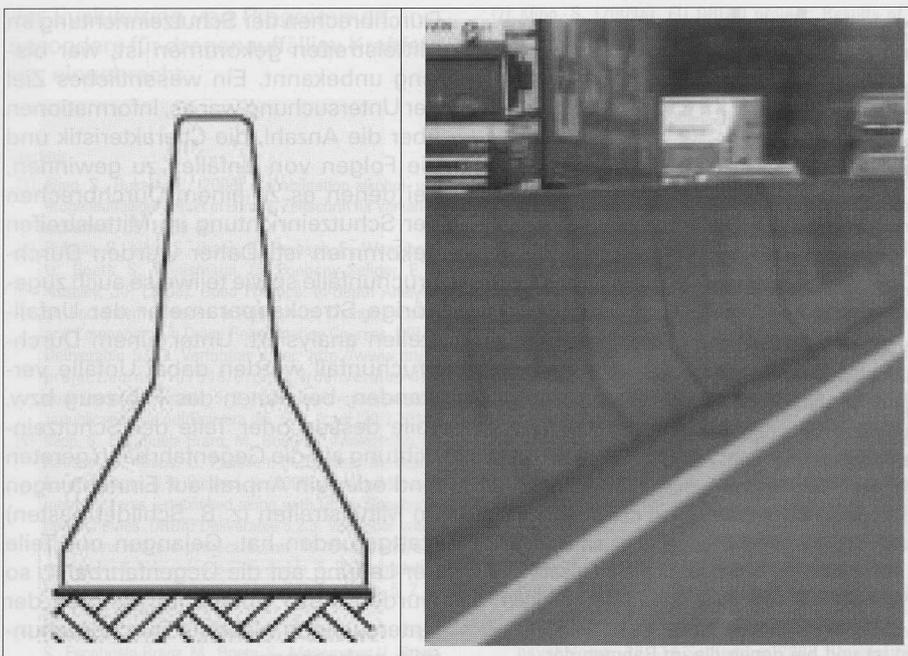


Bild 1: BSW, New-Jersey-Profil

(Quelle Systemskizze: RAL-RG 620)

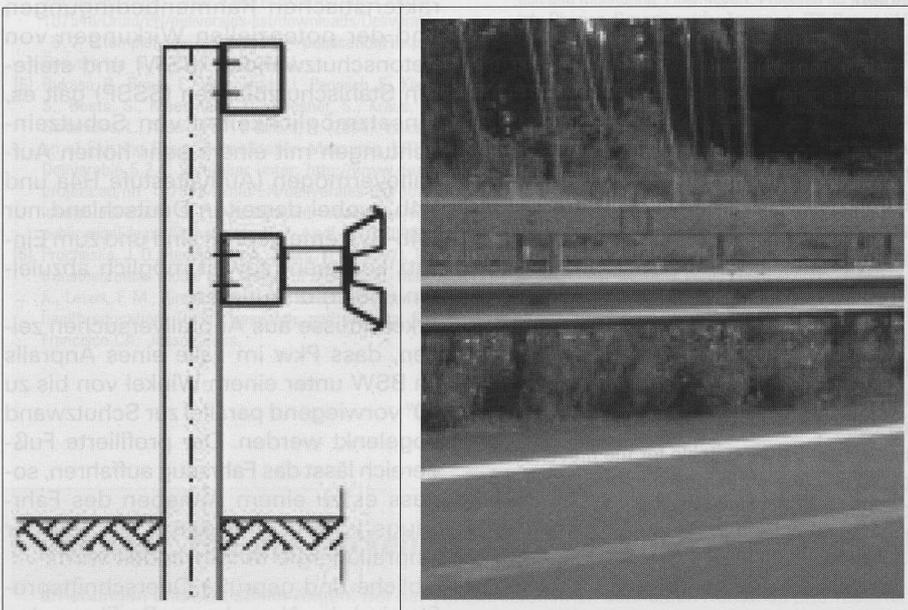


Bild 2: SSSP, Super Rail

(Quelle Systemskizze: RAL-RG 620)

ten die Grundlage der weiteren Analyse, die sowohl die Betrachtung allgemeiner, fahrzeugbezogener als auch insbesondere streckenbezogener Parameter umfasste. In einigen Bundesländern wurden nur Unfälle unter Beteiligung von Güterkraftfahrzeugen betrachtet, so dass die Anzahl der Unfälle, bei denen ein Pkw durch die Schutzeinrichtung gebrochen ist, abgeschätzt wurde. Für alle Unfallstellen wurde in einem weiteren Arbeitsschritt die Art der im Mittelstreifen installierten Schutzeinrichtung ermittelt. Anschließend wurden diese Stellen soweit möglich hinsichtlich ihrer entwerfs- und betriebstechnischen Parameter betrachtet, um jene Parameter abzuleiten, die einen Einfluss auf die

Durchbruchwahrscheinlichkeit vermuten lassen. Mit dem Ziel, Aussagen über die Auswirkungen von Schutzeinrichtungen mit sehr hohem Aufhaltevermögen auf die Fahrzeuginsassen beim Anprall ableiten zu können, wurden gezielt Anprallvorgänge an Betonschutzwänden sowie steiferen Stahlschutzplanken und Anprallvorgänge an einfachen Distanzschutzplanken (EDSP) und doppelten Distanzschutzplanken (DDSP) mit den Aufhaltestufen H1 und H2 ansatzweise miteinander verglichen. Es wurde untersucht, ob sich bundesweit Durchbrüche an BSW und SSSP (Aufhaltstufe H4b) ereignet haben. Unter Hinzuziehung bisheriger Forschungsergebnisse wurde

beurteilt, inwieweit Schutzplankensysteme mit sehr hohem Aufhaltevermögen Durchbrüche vermeiden können und welche Auswirkungen diese Systeme bei Unfällen mit Anprall, aber ohne Durchbruch der Schutzeinrichtung auf die Fahrzeuginsassen haben. Hierzu erfolgte in den gewählten Untersuchungsräumen die Analyse der Unfallfolgen an BSW und SSSP im Vergleich zu denen an EDSP und DDSP. Ferner wurde beurteilt, ob sich in Streckenabschnitten mit Systemen der Aufhaltstufe H4b Unfälle mit Schutzeinrichtungskontakt (aber ohne Durchbruch) ereignet haben, die in ihrer Charakteristik mit Durchbruchunfällen bei Systemen der Aufhaltstufen H1 und H2 vergleichbar sind. In Kenntnis der Relevanz von Durchbruchunfällen auf Autobahnen, der charakteristischen Rahmenbedingungen und der potenziellen Wirkungen von Systemen mit einem sehr hohen Aufhaltevermögen (im Rahmen der Untersuchung ausschließlich Systeme der Aufhaltstufe H4b) wurden Einsatzmöglichkeiten für diese Schutzeinrichtungen diskutiert.

Der Vergleich von SSSP mit BSW war nicht Gegenstand des Forschungsprojektes. Dieser Frage wird in aktuellen Projekten der BASt nachgegangen. National wie auch international liegen bislang zahlreiche Untersuchungen zum Einsatz von BSW und SSSP vor, die insbesondere die Einsatzbereiche der verschiedenen Systeme zum Gegenstand haben.

**Anzahl und räumliche Verteilung der Durchbruchunfälle**

Es konnte im Rahmen der Untersuchung gezeigt werden, dass Unfälle, bei denen die Schutzeinrichtung im Mittelstreifen durchbrochen wurde, ein relativ seltenes Ereignis darstellen. Im Ergebnis konnten in den drei betrachteten Jahren im Rahmen einer Vollerhebung von Lkw- und einer Teilerhebung von Pkw-Unfällen 240 Durchbruchunfälle erfasst werden (Bild 3). Nach Abschätzung der zusätzlichen Pkw-Durchbruchunfälle haben sich in den Jahren 2004 bis 2006 insgesamt etwa 263 Durchbruchunfälle ereignet, was einem Durchschnitt von etwa 88 Durchbruchunfällen pro Jahr entspricht. Somit handelt es sich bei etwa 0,5 % aller jährlich rund 17.000 BAB-Unfälle mit Personenschaden und schwerem Sachschaden mit Schutzeinrichtungskontakt (jedoch beidseits der Richtungsfahrbahn) um Durchbruchunfälle. Während im Mittel etwa ein Durchbruch der Mittelschutzeinrichtung pro 300 km Richtungsfahrbahn im Jahr zu verzeichnen ist, treten Unfälle mit Personenschaden und schwerwiegendem

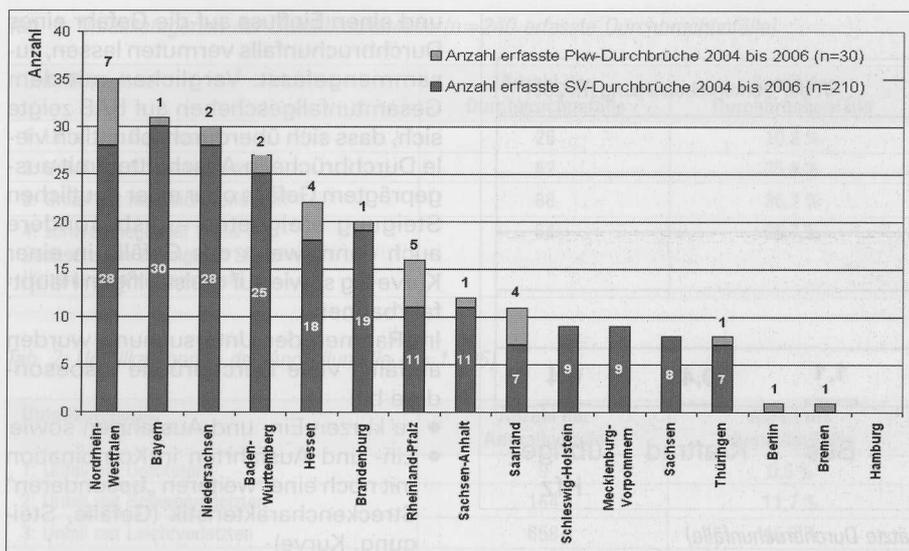


Bild 3: Erfasste Pkw- und Schwerverkehrs-Durchbrüche (n=240 erfasste Durchbruchunfälle)

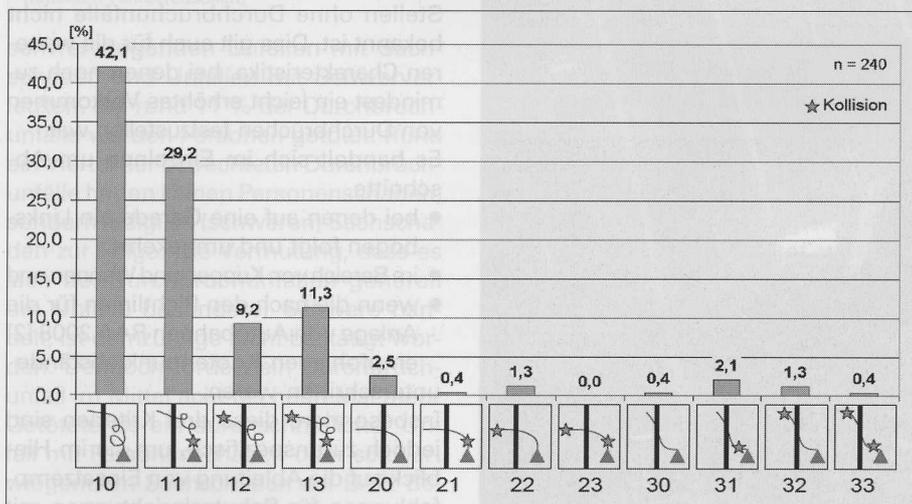


Bild 4: Ablaufschemata der Durchbruchunfälle (n=240 erfasste Durchbruchunfälle)

Sachschaden mit Schutzplankenkontakt – zwar beidseits der Richtungsfahrbahn – jedoch alle rund 1,5 km auf. Weder eine hohe Verkehrsbelastung noch ein hoher Schwerverkehrsanteil haben einen nachweisbaren Einfluss auf das Durchbruchrisiko. Stattdessen besteht ein Zusammenhang zwischen der Streckennetzlänge und der Anzahl der Durchbrüche, sodass diese vielmehr als flächenhaft verteilte Ereignisse interpretiert werden können.

### Charakteristik der Durchbruchunfälle

Aus der Analyse der Durchbruchunfälle sowie der Unfallanalyse und -rekonstruktion gingen einige typische Unfall-szenarien (Bild 4) hervor. Dies sind:

- Durchbruchunfälle, bei denen das Fahrzeug nach links von der Fahrbahn abgekommen ist und dies entweder im Zusammenhang mit der Topografie, technischen Schäden am Fahrzeug oder körperlichen Mängeln des Fahrers geschehen ist.

- Unfälle, bei denen das überwiegend allein beteiligte Fahrzeug zunächst nach rechts abgekommen ist (oftmals infolge körperlichen Mangels) und im Anschluss unter einem verhältnismäßig großen Winkel die Schutzeinrichtung durchbrochen hat.

- Durchbrüche, denen eine Kollision durch Auffahren auf vorausfahrende Fahrzeuge oder ein seitlicher Zusammenstoß vorausgegangen ist.

Überwiegend hat es sich um Alleinunfälle gehandelt. Fanden Kollisionen mit anderen Fahrzeugen statt, so ereigneten sich diese zumeist bereits auf der Richtungsfahrbahn, gefolgt von Kollisionen auf der Gegenfahrbahn oder sowohl auf der Richtungs- als auch auf der Gegenfahrbahn. Vor dem Durchbrechen der Schutzeinrichtung gab es bei 76 der 240 Unfälle eine Kollision, nach dem Durchbrechen in 28 Fällen und sowohl vor als auch nach dem Durchbruch bei 28 der 240 Durchbruchunfälle. Oftmals wurden die über das Durchbruchfahrzeug hinausgehenden Fahrzeuge dabei lediglich beschädigt, beispielsweise

durch umherfliegende Trümmerteile. Aus Bild 4 wird demzufolge ersichtlich, dass sich die meisten Unfälle (101 Unfälle) ohne Kollision und infolge eines Schleudervorgangs ereignet haben (Ablauf 10). Insgesamt ist 220 Durchbrüchen (entspricht 91,7 %) ein Schleudervorgang vorausgegangen. Bei zehn Unfällen ist das Fahrzeug unter einem großen Winkel (Abläufe 20–23) gegen die Schutzeinrichtung geprallt, bei zehn Unfällen unter einem kleinen Winkel (Abläufe 30–33).

Viele Durchbrüche (31 Unfälle) haben sich infolge plötzlichen körperlichen Unvermögens ereignet. Hierzu zählen Unfälle, bei denen ein Fahrzeugführer eingeschlafen ist, einen Schwächeanfall erlitten hat oder ansonsten plötzlich körperlich beeinträchtigt war und dadurch den Unfall verursacht hat. Auffallend ist in diesem Zusammenhang die große Anzahl der Unfälle infolge Einschlafens (insgesamt 25 Mal Ursache eines Durchbruchs). Auffallend ist ebenso, dass sich viele Durchbrüche (insgesamt 22 Mal Ursache eines Durchbruchs) ereignet haben, denen ein plötzlicher Schaden am Fahrzeug vorausgegangen ist (z. B. ein geplatzter Reifen).

Im Vergleich zum Gesamtunfallgeschehen im Betrachtungszeitraum ist innerhalb der allgemeinen Parameter erkennbar, dass sich überdurchschnittlich viele Durchbruchunfälle nachts sowie auf winterglatter Fahrbahn ereignet haben. Die maßgebende Unfallart ist das Abkommen von der Fahrbahn, vorwiegend nach links. Einige Durchbrüche resultieren jedoch auch aus einem Zusammenstoß mit voraus- oder seitlich in gleicher Richtung fahrenden Fahrzeugen. Bei der Betrachtung der fahrzeugbezogenen Parameter fällt auf, dass es sich vornehmlich um Schwerverkehrsfahrzeuge gehandelt hat, die durch die Schutzeinrichtung in der Mittellage gebrochen sind (Bilder 5 bis 7). Es existieren ferner streckenbezogene Parameter, die an Durchbruchstellen überdurchschnittlich oft registriert wurden (verglichen mit den Streckencharakteristika des Gesamtunfallgeschehens). So handelt es sich bei gut 54 % der Stellen, an denen es zu einem Durchbrechen der Schutzeinrichtung gekommen ist, um Stellen mit mindestens einer besonderen Charakteristik (gegenüber rund 41 % aller Unfallstellen auf BAB). Hierbei gilt es jedoch zu beachten, dass ein Vergleich zwischen den Durchbruchstellen und der Verteilung der Streckencharakteristika auf BAB insgesamt aufgrund überwiegend fehlender Bezugsgrößen nicht möglich war.

Nachfolgend werden die streckenbezogenen Parameter, die als grundsätzlich beeinflussbar betrachtet werden

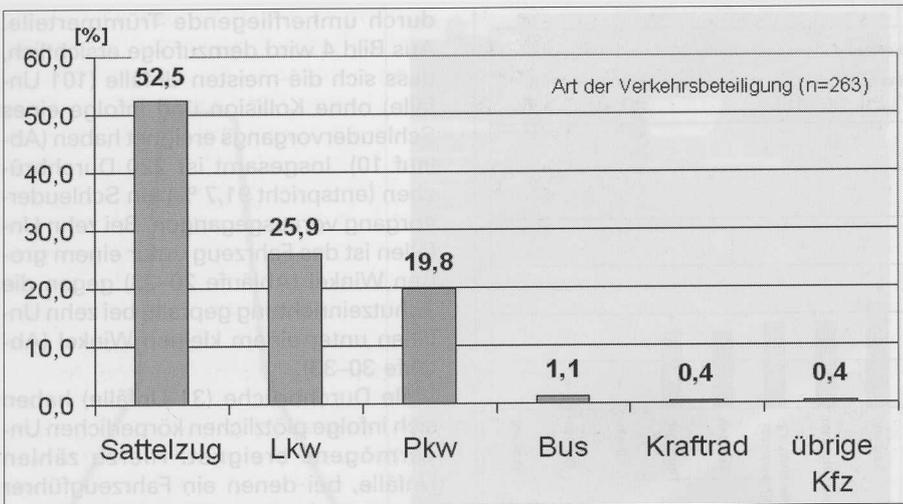


Bild 5: Art der Verkehrsbeteiligung (n=263 abgeschätzte Durchbruchunfälle)



Bild 6: Beispiel eines Durchbruchunfalls mit Gefahrgut (Quelle: Polizei Baden-Württemberg)



Bild 7: Beispiel eines Durchbruchunfalls mit Kollision auf der Gegenfahrbahn (Quelle: Polizei Baden-Württemberg)

und einen Einfluss auf die Gefahr eines Durchbruchunfalls vermuten lassen, zusammengefasst. Verglichen mit dem Gesamtunfallgeschehen auf BAB zeigte sich, dass sich überdurchschnittlich viele Durchbrüche in Abschnitten mit ausgeprägtem Gefälle oder einer deutlichen Steigung ereigneten – insbesondere auch dann, wenn das Gefälle in einer Kurve lag sowie auf dreistreifigen Hauptfahrbahnen.

Im Rahmen der Untersuchung wurden auffällig viele Durchbrüche insbesondere bei

- zu kurzen Ein- und Ausfahrten sowie
- Ein- und Ausfahrten in Kombination mit noch einer weiteren „besonderen“ Streckencharakteristik (Gefälle, Steigung, Kurve)

beobachtet. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass die Häufigkeit solcher Stellen ohne Durchbruchunfälle nicht bekannt ist. Dies gilt auch für die weiteren Charakteristika, bei denen noch zumindest ein leicht erhöhtes Vorkommen von Durchbrüchen festzustellen war.

Es handelt sich im Einzelnen um Abschnitte,

- bei denen auf eine Gerade ein Linksbogen folgt und umgekehrt,
- im Bereich von Kuppen und Wannen und
- wenn die nach den Richtlinien für die Anlage von Autobahnen RAA 2008 [2] empfohlenen Knotenpunktabstände unterschritten waren.

Insbesondere diese drei Kriterien sind jedoch zu unspezifisch, um sie im Hinblick auf die Ableitung von Einsatzempfehlungen für Schutzeinrichtungen mit einem sehr hohen Aufhaltevermögen verwenden zu können.

Insgesamt hat sich gezeigt, dass Durchbruchunfälle überraschenderweise nur zu einem geringen Teil unmittelbar durch die Streckencharakteristik beeinflusst werden. So kann beispielsweise in Niedersachsen nur bei 10 % der Durchbrüche ein Zusammenhang mit der vorhandenen Streckencharakteristik nicht ausgeschlossen werden. Bundesweit konnte ein solcher Zusammenhang nur in rund 18 % der Durchbruchunfälle festgestellt werden. Hierbei handelt es sich ausnahmslos um Unfälle, bei denen ungünstige Witterungsverhältnisse (Nässe oder Glätte) vermutlich in Kombination mit ungünstigen Trassierungsparametern zum Unfall geführt haben. Bei der Betrachtung der Streckencharakteristika muss jedoch beachtet werden, dass die Häufigkeit solcher Stellen ohne Durchbruchunfälle nicht bekannt ist.

In Tab. 1 sind die Unfallkategorien der 240 Durchbruchunfälle, die im Zeitraum von 2004 bis 2006 stattgefunden haben, dargestellt.

Es handelt es sich überwiegend um Unfälle mit Leichtverletzten, gefolgt von

Tab. 1: Unfallkategorien der Durchbruchunfälle (n=240 erfasste Durchbruchunfälle)

Unfallkategorie	Anzahl der Durchbruchunfälle	Anteil der Durchbruchunfälle
1: Unfall mit Getöteten	26	10,8 %
2: Unfall mit Schwerverletzten	62	25,8 %
3: Unfall mit nur Leichtverletzten	88	36,7 %
4: schwerwiegender Unfall mit Sachschaden im engeren Sinne (Kriterium Fahrbereitschaft)	64	26,7 %

Tab. 2: Unfallkategorien der Anprallunfälle (n=1.405)

Unfallkategorie	Anzahl der Anprallunfälle	Anteil der Anprallunfälle
1: Unfall mit Getöteten	9	0,6 %
2: Unfall mit Schwerverletzten	164	11,7 %
3: Unfall mit Leichtverletzten	658	46,8 %
4: schwerwiegender Unfall mit Sachschaden im engeren Sinne (Kriterium Fahrbereitschaft)	574	40,9 %

schwerwiegenden Unfällen mit Sachschaden und Unfällen mit Schwerverletzten. Bei rund 11 % der Durchbruchunfälle wurden Personen getötet. Rund ein Viertel der betrachteten Durchbruchunfälle hatten keinen Personenschaden, sondern lediglich (schweren) Sachschaden zur Folge. Die Vermutung, dass es sich bei Durchbruchunfällen generell um Unfälle besonderer Schwere handelt, ist demzufolge nicht bestätigt worden. Dennoch fordert ein Durchbruchunfall im Mittel acht bis neun Mal mehr Getötete als ein durchschnittlicher Unfall mit Personenschaden oder schwerwiegendem Sachschaden auf BAB. Bei einem Durchbruchunfall mit schwerem Personenschaden werden immerhin noch 3,5 Mal so viele Personen getötet wie bei einem typischen Unfall mit schwerem Personenschaden auf BAB.

### Untersuchung schwerer Anprallvorgänge

Verglichen wurden im Rahmen der statistischen Unfallanalyse 1.086 Anprallunfälle an Schutzeinrichtungen der Aufhaltestufen H1 bis H3 einerseits und 319 Unfälle an BSW und SSSP der Aufhaltestufe H4b (256 Anprallvorgänge an BSW und 63 an SSSP) andererseits. Dabei handelt es sich überwiegend um Pkw, die mit der Schutzeinrichtung kollidiert sind. Der Vergleich diente der Ableitung von Unfallkosten (siehe unten). Die Unfallkategorien der Anprallunfälle sind in Tab. 2 dargestellt. Es dominieren bei den Anprallunfällen Unfälle mit leicht Verletzten und Unfälle mit schwerwiegendem Sachschaden. Bei rund 12 % der Anprallunfälle wurden Personen schwer verletzt, in weniger als 1 % der Fälle (entspricht neun Unfällen, davon zwei an BSW) getötet.

Im Rahmen einer detaillierten Unfallrekonstruktion eines Teilkollektivs von 47 Unfällen (23 Durchbrüche und 24 Anprallvorgänge) wurde festgestellt, dass die Insassen schwerer Fahrzeuge beim Anprall an Schutzeinrichtungen der Aufhaltestufe H4b tendenziell gleichbleibend oder weniger belastet würden. Demgegenüber steigt das Verletzungsrisiko für Insassen von leichteren Pkw und Transportern. Da davon ausgegangen wird, dass es trotz hoher Kollisionsgeschwindigkeiten bei Schutzeinrichtungen der Aufhaltestufe H4b bei keinem der Pkw-Unfälle zu einem Durchbruch gekommen wäre, wurden für die Abschätzung des Durchbruchrisikos im Falle von Schutzeinrichtungen der Systeme EDSP und DDSP statt der installierten BSW oder SSSP nur Anprallunfälle mit Beteiligung schwerer Fahrzeuge betrachtet. Dies traf insgesamt auf 24 Unfälle zu. Ferner wurde in einem Worst-Case-Szenario angenommen, dass Unfälle, bei denen alle drei Parameter eines Anprallwinkels von 25°, einer Fahrzeugmasse von 12 t und einer Kollisionsgeschwindigkeit von 60 km/h

überschritten werden, einen auch mit der Aufhaltestufe H4b nicht zu verhindernden Durchbruch zur Folge gehabt hätten. Diese Werte wurden auf der Grundlage der Unfallanzeigen als Mindestleistungsfähigkeit grob abgeschätzt. Es kann davon ausgegangen werden, dass durch die SSSP bzw. BSW in mindestens der Hälfte der Anprallunfälle mit Beteiligung schwerer Fahrzeuge (mindestens 12 der rekonstruierten 24 Unfälle) das Durchbrechen der Schutzeinrichtung verhindert wurde. In den Fällen, in denen davon ausgegangen wird, dass auch Schutzeinrichtungen mit der Aufhaltestufe H4b einen Durchbruch nicht hätten verhindern können, handelt es sich um Unfälle, bei denen das Gewicht des Fahrzeugs mehr als zwölf Tonnen und die Kollisionsgeschwindigkeit über 60 km/h betragen hat.

### Unfallkosten

Unfallkosten wurden sowohl für Durchbruch- als auch für Anprallunfälle ermittelt. Je Durchbruchunfall belaufen sich die angepassten Unfallkosten auf im Mittel 267.852 € je Unfall ( $U_{DB}(P,SS)$ ). Unter der Annahme, dass die Sachschadenskosten mit dem pauschalen Kostensatz für WU(SS) den tatsächlichen Sachschaden bei einem Durchbruch deutlich unterschätzen, ist davon auszugehen, dass sich mittels eines angepassten Kostensatzes für die schweren Sachschäden WUa(SS) ein noch höherer Kostensatz für einen Durchbruchunfall ergeben würde. Wie in Bild 8 dargestellt, handelt es sich überwiegend um angepasste Unfallkosten von maximal 200.000 € je Unfall. Bei 26 Unfällen betragen die angepassten Unfallkosten mehr als jeweils 1.000.000 €. Dabei handelt es sich ausnahmslos um Unfälle, bei denen mindestens eine Person getötet wurde. Die höchsten Unfallkosten in Höhe von 4.135.500 € resultieren aus einem Unfall, bei dem drei Personen ge-

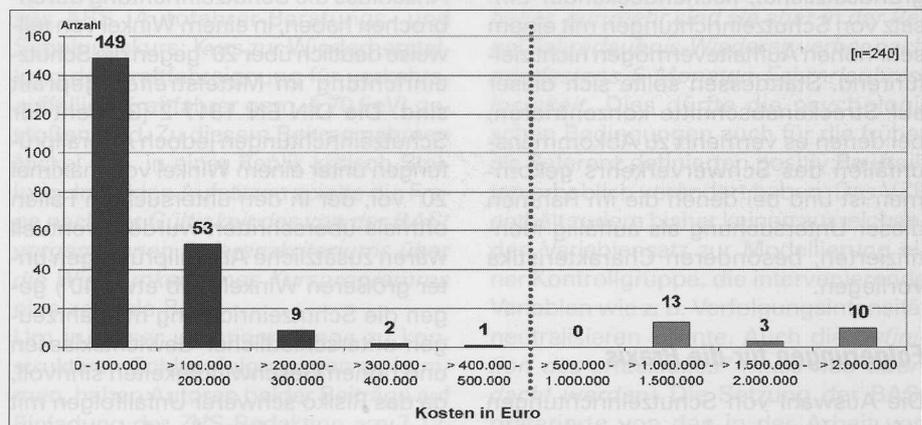


Bild 8: Häufigkeitsverteilung der angepassten Unfallkosten bei Durchbruchunfällen (n=240 erfasste Durchbruchunfälle)

tötet und vier Personen schwer verletzt wurden.

Je Anprallunfall beträgt der durchschnittliche Kostensatz rund 46.800 € je Unfall ( $U_{AP}(P,SS)$ ). Verglichen mit den durchschnittlichen Unfallkosten, die aus einem Anprallunfall  $U_{AP}(P,SS)$  resultieren, kann festgehalten werden, dass ein Durchbruchunfall  $U_{DB}(P,SS)$  im Mittel knapp sechs Mal so hohe Unfallkosten wie ein Anprallunfall verursacht. Unter Berücksichtigung der unterschätzten Sachschadenskosten ist jedoch von einem noch größeren Unterschied auszugehen.

### **Einsatzkriterien für Schutz-einrichtungen mit sehr hohem Aufhaltevermögen**

Neben der Ermittlung der Häufigkeit von Durchbrüchen sowie den gewonnenen Erkenntnissen aus der Analyse der Durchbruchunfälle bestand ein weiteres Ziel in der Ableitung von Einsatzmöglichkeiten für Schutz-einrichtungen mit einem sehr hohen Aufhaltevermögen (Aufhaltestufe H4b). Die Untersuchung hat jedoch gezeigt, dass es sich bei Durchbruchunfällen um flächenhaft verteilte, relativ seltene Ereignisse handelt, die zudem nur zu einem geringen Teil unmittelbar durch die Streckencharakteristika beeinflusst werden.

Auf der Grundlage der analysierten Durchbruchunfälle sowie der Erkenntnisse aus der Betrachtung der Anprallvorgänge an Systemen der Aufhaltestufe H4b wurden Empfehlungen für den Einsatz dieser Schutz-einrichtungen diskutiert. Die Ergebnisse der Unfallrekonstruktionen zeigen, dass eine völlige Durchbruch-sicherheit auch bei Systemen mit einem sehr hohen Aufhaltevermögen nicht gegeben ist.

Da mit zunehmendem Aufhaltevermögen der Rückhaltesysteme auch eine steigende Belastung der Fahrzeuginsassen von Pkw und Transportern beim Anprall einhergehen kann, erscheint ein grundsätzlicher, flächendeckender Einsatz von Schutz-einrichtungen mit einem sehr hohen Aufhaltevermögen nicht zielführend. Stattdessen sollte sich dieser auf Streckenabschnitte konzentrieren, bei denen es vermehrt zu Abkommensunfällen des Schwerverkehrs gekommen ist und bei denen die im Rahmen dieser Untersuchung als auffällig identifizierten, besonderen Charakteristika vorliegen.

### **Folgerungen für die Praxis**

Die Auswahl von Schutz-einrichtungen erfolgt anhand mehrerer Kriterien, die beispielsweise auch den Raumbedarf und die Reparaturanfälligkeit betreffen

und die bei der Ermittlung der hier genannten Einsatzkriterien nicht berücksichtigt wurden. So wären bei einem grundlegenden Vergleich der Schutz-einrichtungen unter anderem auch die Reparaturanfälligkeit der verschiedenen Schutz-einrichtungen sowie der Zeitbedarf im Reparaturfall und etwaige, staubedingte Unfälle in und vor Baustellen zu berücksichtigen.

Aufgrund der mit dieser Untersuchung gewonnenen Erkenntnisse empfiehlt es sich jedoch auch, andere Maßnahmenarten in Erwägung zu ziehen, die dem Durchbruch vorausgehende Unfallursachen verhindern. Hierfür seien als Beispiele der vermehrte Einsatz von Rüttelstreifen oder die Verbesserung der Lkw-Parksituation auf den BAB genannt, wodurch ein Einschlafen des Fahrzeugführers vermieden werden könnte. Eine weitere Maßnahme wäre z. B. die Ausweitung der fahrzeugtechnischen Kontrollen, um somit das Risiko eines Durchbruchs infolge technischen Mangels zu vermindern.

### **Ausblick**

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde das tatsächliche Unfallgeschehen analysiert. Nicht streckenbezogene Einflussfaktoren, die das Unfallgeschehen und damit das Durchbruchrisiko eventuell beeinflussen, wurden nicht betrachtet. So wurde beispielsweise nicht berücksichtigt, welchen psychologischen Einfluss BSW und SSSP auf den Fahrzeugführer und damit auf dessen Fahrverhalten haben. Ebenso wurden ausschließlich Unfälle der Kategorien 1 bis 4, also mit Personenschäden oder schwerwiegenden Sachschäden, betrachtet. Um ggf. weitere Faktoren zu ermitteln, die das Unfallgeschehen beeinflussen, wäre eine Betrachtung des gesamten Unfallgeschehens sowie des Fahrverhaltens sinnvoll.

Im Rahmen der Forschungsarbeit ist aufgefallen, dass viele Fahrzeuge, die im Anschluss die Schutz-einrichtung durchbrochen haben, in einem Winkel von teilweise deutlich über 20° gegen die Schutz-einrichtung im Mittelstreifen geprallt sind. Die DIN-EN 1317-2 [3] sieht für Schutz-einrichtungen jedoch Anprallprüfungen unter einem Winkel von maximal 20° vor, der in den untersuchten Fällen oftmals überschritten wurde. Eventuell wären zusätzliche Anprallprüfungen unter größeren Winkeln (ab etwa 40°) gegen die Schutz-einrichtung mit Fahrzeugen unterschiedlicher Gewichtsklassen und hohen Geschwindigkeiten sinnvoll, da das Risiko schwerer Unfallfolgen mit zunehmendem Anprallwinkel ebenfalls ansteigt. Ein so aufwendiges Prüfverfahren wird sich jedoch aus wirtschaftli-

chen Gründen nicht umsetzen lassen. In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass das Aufhaltevermögen im Rahmen der Systemprüfungen grundsätzlich unterschätzt wird.

Um die Auswirkungen von Schutz-einrichtungen mit sehr hohem Aufhaltevermögen beim Anprall präziser abschätzen und hieraus eine Gegenüberstellung zwischen BSW und SSSP auf der einen und EDSP und DDSP auf der anderen Seite ableiten zu können, wäre ein direkter Vergleich des Unfallgeschehens sinnvoll, der einen Einfluss verfälschender Faktoren ausschließt. Dieser könnte beispielsweise durch einen Vorher-Nachher-Vergleich mit identischen Rahmenbedingungen erfolgen, indem das Unfallgeschehen in Streckenabschnitten mit EDSP und DDSP in einem möglichst langen Zeitfenster betrachtet würde, bevor in diesem Abschnitt BSW oder SSSP installiert werden. Wenn für gleich lange Zeiträume jeweils das Unfallgeschehen vor und nach Errichtung der Schutz-einrichtung mit einem sehr hohen Aufhaltevermögen analysiert wird, kann eine direkte Gegenüberstellung der Ergebnisse erfolgen. Zu empfehlen ist in diesem Zusammenhang die Betrachtung aller polizeilich registrierten Unfälle.

### **Literatur**

- [1] Gerlach, J.; Flunkert, E.-M.; Mohr, F.; Egelhaaf, M.; Gärtner, M.: Sicherheitsbewertung von Maßnahmen zur Trennung des Gegenverkehrs in Mittelstreifen auf Bundesautobahnen, Endbericht FE 82.283/2004, Wuppertal/ Stuttgart 2009
- [2] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Richtlinien für die Anlage von Autobahnen (RAA), FGSV-Nr. 343, Köln, 2008
- [3] DIN Deutsches Institut für Normung e. V.: Rückhaltesysteme an Straßen – Teil 2: Leistungsklassen, Abnahmekriterien für Anprallprüfungen und Prüfverfahren für Schutz-einrichtungen, DIN EN 1317-2: 2006. Berlin, 2006



Dr.-Ing. Eva-Maria Flunkert studierte an der Bergischen Universität Wuppertal Bauingenieurwesen mit dem Schwerpunkt Verkehrsplanung. Nach ihrem Studium arbeitete sie zunächst als wissenschaftliche Angestellte am Lehr- und Forschungsgebiet für Straßenverkehrsplanung und Straßenverkehrstechnik an der Universität Wuppertal. Ihr Tätigkeitsschwerpunkt als zertifizierte Sicherheitsauditorin ist in Forschung und Praxis seither die Verkehrssicherheit.



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gerlach leitet seit 1999 das Lehr- und Forschungsgebiet Straßenverkehrsplanung und Straßenverkehrstechnik des Fachzentrums Verkehr an der Universität Wuppertal. Schwerpunkte in weltweiter Forschung, Weiterbildung und Lehre sind die Gestaltung und Dimensionierung von Straßenverkehrsanlagen, die Verkehrssicherheit und die Umweltverträglichkeit. Er ist anerkannter Ausbilder für Sicherheitsauditoren, wissenschaftlicher Beirat der Zeitschrift Straßenverkehrstechnik und seit 2009 Schriftleiter dieser Zeitschrift für Verkehrssicherheit.