

Sicherheitsbewertung von Maßnahmen zur Trennung des Gegenverkehrs in Mittelstreifen auf Bundesautobahnen

FA 82.282

Forschungsstelle: Bergische Universität Wuppertal, Lehr- und Forschungsgebiet Straßenverkehrsplanung und Straßenverkehrstechnik (Prof. Dr.-Ing. J. Gerlach)

Bearbeiter: Flunkert, E.-M. / Mohr, F.

Auftraggeber: Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Bergisch Gladbach

Abschluss: Juli 2009

1 Vorbemerkung

Das Forschungsprojekt mit dem Titel "Sicherheitsbewertungen von Maßnahmen zur Trennung des Gegenverkehrs in Mittelstreifen auf Bundesautobahnen" gliederte sich ursprünglich in zwei separat bearbeitete Teilprojekte.

Der Teil I mit dem Titel "Statistische Unfallanalysen und Einsatzempfehlungen" wurde am Lehr- und Forschungsgebiet für Straßenverkehrsplanung und -technik unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. J. Gerlach an der Bergischen Universität Wuppertal durchgeführt.

Teil II ("Unfallanalyse und -rekonstruktion") wurde von der DEKRA Automobil GmbH in Stuttgart bearbeitet.

Das Teilprojekt II wurde zeitlich vor dem Teil I bearbeitet. Im hier behandelten Bericht wurden daher die wesentlichen Erkenntnisse der Unfallanalyse und -rekonstruktion aufgegriffen, während die Ergebnisse der Unfallanalyse vollständig enthalten sind.

2 Aufgabenstellung und Methodik

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). 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 Schutzsicherung im Mittelstreifen gekommen ist. Daher wurden Durch-

bruchunfälle sowie teilweise auch zugehörige Streckenparameter der Unfallstellen analysiert. Unter einem Durchbruchunfall werden im Rahmen dieser Arbeit Unfälle verstanden, bei denen das Fahrzeug bzw. Teile dessen oder Teile der Schutzsicherung 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 handelt es sich definitionsgemäß nicht um einen Durchbruch.

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 Schutzsicherungen mit einem sehr hohen Aufhaltevermögen soweit möglich abzuleiten und zu diskutieren.

Zunächst wurde eine umfassende Bestandsaufnahme aller Unfälle, bei denen es im Zeitraum von 2004 bis 2006 zu einem Durchbruch der Schutzsicherung im Mittelstreifen auf Autobahnen gekommen ist, durchgeführt. Diese bildeten die Grundlage der weiteren Analyse, die sowohl die Betrachtung allgemeiner, fahrzeugbezogener als auch insbesondere streckenbezogener Parameter umfasste. In den meisten Bundesländern wurden nur Unfälle unter Beteiligung von Güterkraftfahrzeugen betrachtet, sodass die Anzahl der Unfälle, bei denen ein Pkw durch die Schutzsicherung gebrochen ist, abgeschätzt wurde.

Für alle Unfallstellen wurde in einem weiteren Arbeitsschritt die Art der im Mittelstreifen installierten Schutzsicherung ermittelt. Anschließend wurden diese Stellen soweit möglich hinsichtlich ihrer entwurfs- und betriebstechnischen Parameter betrachtet, um jene Parameter abzuleiten, die einen Einfluss auf die Durchbruchwahrscheinlichkeit vermuten lassen.

Mit dem Ziel, Aussagen über die Auswirkungen von Schutzsicherungen mit sehr hohem Aufhaltevermögen auf die Fahrzeuginsassen beim Anprall ableiten zu können, wurden gezielt Anprallvorgänge an Betonschutzwänden sowie steiferen Stahlschutzplanken und Anprallvorgänge an Systemen gemäß RPS 89 ansatzweise miteinander verglichen. Es wurde untersucht, ob sich bundesweit Durchbrüche an BSW und SSSP ereignen 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 (Wirkungsanalyse). Hierzu erfolgte in den gewählten Untersuchungsräumen die Analyse der Unfallfolgen an BSW und SSSP im Vergleich zu denen an Systemen mit höherem Aufhaltevermögen. Ferner wurde beurteilt, ob sich in Streckenabschnitten mit Systemen mit sehr hohem Aufhaltevermögen Unfälle mit Schutzplankenkontakt (aber ohne Durchbruch) ereignet haben, die in ihrer Charakteristik mit Durchbruchunfällen bei klassischen Systemen vergleichbar sind.

In Kenntnis der Relevanz von Durchbruchunfällen auf Autobahnen, der charakteristischen Rahmenbedingungen und der potenziellen Wirkungen von Systemen mit sehr hohem Aufhaltevermögen wurden Einsatzmöglichkeiten für Schutzeinrichtungen mit einem sehr hohen Aufhaltevermögen diskutiert.

3 Untersuchungsergebnisse

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 240 Durchbruchunfälle erfasst werden. 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 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.

3.1 Charakteristik der Durchbruchunfälle

Aus der Analyse der Durchbruchunfälle sowie der Unfallanalyse und -rekonstruktion gingen einige typische Unfallszenarien 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 sind.

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. Oftmals wurden

die über das Durchbruchfahrzeug hinausgehenden Fahrzeuge dabei lediglich beschädigt, beispielsweise durch umherfliegende Trümmerteile.

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 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.

Bei der Betrachtung der **fahrzeugbezogenen Parameter** fällt auf, dass es sich vornehmlich um Schwerverkehrsfahrzeuge gehandelt hat, die durch die Schutzeinrichtung in Mittellage gebrochen sind.

Es existieren **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 und einen Einfluss auf die Gefahr eines Durchbruchunfalls vermuten lassen, zusammengefasst.

Verglichen mit dem Gesamtunfallgeschehen auf BAB zeigte sich, dass sich überdurchschnittlich viele Durchbrüche ereigneten in Abschnitten mit ausgeprägtem Gefälle oder einer deutlichen Steigung, 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 RAA 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. Bei der Betrachtung der Streckencharakteristika muss jedoch beachtet werden, dass die Häufigkeit solcher Stellen ohne Durchbruchunfälle nicht bekannt ist. In Tabelle 1 sind die Unfallkategorien der 240 Durchbruchunfälle, die im Zeitraum von 2004 bis 2006 stattgefunden haben, dargestellt.

Tabelle 1: Unfallkategorien der Durchbruchunfälle (n=240)

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 %

Es handelt es sich überwiegend um Unfälle mit Leichtverletzten, gefolgt von 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 8- bis 9-mal mehr Getötete als ein durchschnittlicher Unfall mit Personenschaden oder schwerwiegendem Sachschaden auf BAB. Bei einem Durchbruchunfall mit schwerem Personenschaden treten immerhin noch 3,5-mal so viele Getötete wie bei einem typischen Unfall mit schwerem Personenschaden auf BAB auf.

3.2 Untersuchung schwerer Anprallvorgänge

Verglichen wurden im Rahmen der statistischen Unfallanalyse 1 086 Anprallunfälle an Schutzeinrichtungen mit höherem Aufhaltevermögen einerseits und 319 Unfälle an BSW und SSSP andererseits. Dabei handelt es sich überwiegend um Pkw, die mit der Schutzeinrichtung kollidiert sind. Im Rahmen der Unfallanalyse und -rekonstruktion wurde festgestellt, dass die Insassen schwerer Fahrzeuge beim Anprall an Schutzeinrichtungen mit sehr hohem Aufhaltevermögen tendenziell gleichbleibend oder weniger belastet würden.

Demgegenüber steigt das Verletzungsrisiko für Insassen von leichteren Pkw und Transportern.

Im Rahmen der statistischen Unfallanalyse wurde im Vergleich zu Schutzplanken gemäß RPS 89 festgestellt, dass bei den Schutzeinrichtungen mit sehr hohem Aufhaltevermögen offenbar ein erhöhtes Risiko für das Auftreten von Überschlagunfällen besteht.

Da davon ausgegangen wird, dass es trotz hoher Kollisionsgeschwindigkeiten bei Schutzeinrichtungen mit sehr hohem Aufhaltevermögen bei keinem der Pkw-Unfälle zu einem Durchbruch gekommen wäre, wurden für die Abschätzung des Durchbruchrisikos im Falle von Schutzeinrichtungen gemäß RPS 89 statt der installierten BSW oder SSSP nur Anprallunfälle mit Beteiligung schwerer Fahrzeuge betrachtet. Ferner wurde in einem Worst-Case-Szenario davon ausgegangen, dass ein Durchbruch bei einem Anprallwinkel von mehr als 25°, einer Fahrzeugmasse von mindestens 12 t und einer Kollisionsgeschwindigkeit von 60 km/h oder darüber auch von einer Schutzeinrichtung mit sehr hohem Aufhaltevermögen nicht verhindert werden kann. 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 das Durchbrechen der Schutzeinrichtung verhindert wurde. Bei diesen Unfällen handelt es sich um Fahrzeuge mit geringem Gewicht (überwiegend Transporter), die mit einer Geschwindigkeit von weniger als 60 km/h, zum Beispiel nach einer vorangegangenen Kollision, mit der Schutzeinrichtung kollidiert sind. In den Fällen, in denen davon ausgegangen wird, dass auch Schutzeinrichtungen mit sehr hohem Aufhaltevermögen einen Durchbruch nicht hätten verhindern können, handelt es sich um Unfälle, bei denen das Gewicht des Fahrzeugs mehr als 12 t und die Kollisionsgeschwindigkeit über 60 km/h betragen hat. Diese Unfälle entsprechen in ihrer Charakteristik etwa den erfassten Durchbruchunfällen an BSW.

Die Unfallkategorien der Anprallunfälle sind in Tabelle 2 dargestellt. Es dominieren bei den Anprallunfällen Unfälle mit Leichtverletzten 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.

Tabelle 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 %

3.3 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. 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.

3.4 Einsatzkriterien für Schutzeinrichtungen 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 Schutzeinrichtungen mit einem sehr hohen Aufhaltevermögen. 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 mit sehr hohem Aufhaltevermögen wurden Einsatzempfehlungen für den Einsatz von Schutzeinrichtungen mit sehr hohem Aufhaltevermögen diskutiert. Die Kenntnis von Durchbruchunfällen an BSW zeigt, dass eine völlige Durchbruchssicherheit auch bei Systemen mit sehr hohem Aufhaltevermögen nicht gegeben ist.

Bei Durchbruchunfällen handelt es sich um verhältnismäßig seltene Ereignisse. In Niedersachsen beispielsweise handelte es sich bei 2,67 % aller Anprallunfälle (Unfälle der Kategorien 1 bis 4 im Zeitraum von 2004 bis 2006) an Schutzeinrichtungen im Mittelstreifen um Durchbruchunfälle. Von 30 Durchbruchunfällen in Niedersachsen kann nur in drei Fällen (entspricht 10 % der dortigen Durchbruchunfälle) ein Zusammenhang mit der vorhandenen Streckencharakteristik nicht ausgeschlossen werden. Bundesweit ist in etwa 42 (von 240) Fällen ein Zu-

sammenhang zwischen dem (Durchbruch)unfall und der Streckenparameter an der Unfallstelle ersichtlich, was 17,5 % der Durchbruchunfälle entspricht.

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 Schutzeinrichtungen mit sehr hohem 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.

4 Folgerungen für die Praxis

Die Auswahl von Schutzeinrichtungen 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 Schutzeinrichtungen unter anderem auch die Reparaturanfälligkeit der verschiedenen Schutzeinrichtungen sowie der Zeitbedarf im Reparaturfall und etwaige, staubedingte Unfälle in und vor Baustellen zu berücksichtigen. Zudem können weitere Maßnahmenbereiche, wie etwa der vermehrte Einsatz von Rüttelstreifen oder die Erweiterung der Rastanlagenparkstände für Lkw zur Vermeidung von Durchbruchunfällen in Erwägung gezogen werden.